

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-054229

(43)Date of publication of application : 26.02.2003

(51)Int.Cl.

B60C 19/00

B60C 23/02

G01P 15/00

G01P 15/18

(21)Application number : 2002-198364

(71)Applicant : TRW INC

(22)Date of filing : 08.07.2002

(72)Inventor : DUNBRIDGE BARRY
BROWN KENNETH L
MCIVER GEORGE W
MAGIAWALA KIRAN R
CHILCOTT KELLEY D

(30)Priority

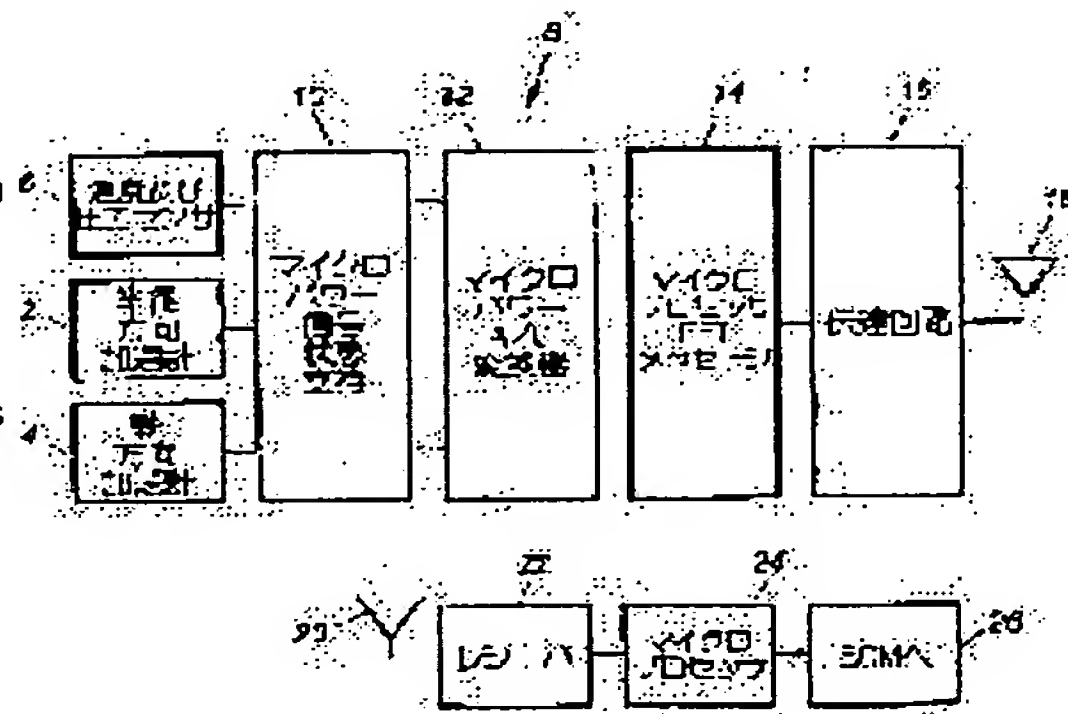
Priority	2001 900324	Priority	06.07.2001	Priority	US
----------	-------------	----------	------------	----------	----

(54) TIRE AND SUSPENSION MONITORING METHOD AND DEVICE THEREOF

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a novel tire and suspension monitoring method and a device thereof.

SOLUTION: This tire and suspension monitoring and alarming device performs monitoring and has one set of multifunction sensors for giving an alarm of a failure mode. The device monitors tire imbalance, wear of a tire tread, and a shock absorber for a tire attached to a vehicle and gives an alarm. The device measures acceleration in the axial direction, radial direction, and longitudinal direction of wheels to provide acceleration signal sample power. Concerning the tire imbalance, signal sample power in a secondary high harmonic wave of tire rotation frequency is compared with a primary high harmonic wave. Concerning the wear of the tire tread, average signal sample power in a scope of secondary frequency is compared with a base line value stored in advance. As for shock absorber performance, the total of all the frequency components in a scope of predetermined secondary frequency is compared with the base line value.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

13.05.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-54229

(P2003-54229A)

(43)公開日 平成15年2月26日(2003.2.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	FI	テーマコード(参考)
B 6 0 C 19/00		B 6 0 C 19/00	B
23/02		23/02	B
G 0 1 P 15/00		G 0 1 P 15/00	J
15/18			K

審査請求 未請求 請求項の数32 OL 外国語出願 (全 50 頁)

(21)出願番号 特願2002-198364(P2002-198364)
(22)出願日 平成14年7月8日(2002.7.8)
(31)優先権主張番号 09/900324
(32)優先日 平成13年7月6日(2001.7.6)
(33)優先権主張国 米国(US)

(71)出願人 591169755
ティーアールダブリュー・インコーポレー
テッド
TRW INCORPORATED
アメリカ合衆国オハイオ州44124, リンド
ハースト, リッチモンド・ロード 1900
(72)発明者 バリー・ダンブリッジ
アメリカ合衆国カリフォルニア州90505,
トーランス, コートニー・ウェイ 3614
(74)代理人 100089705
弁理士 社本 一夫 (外5名)

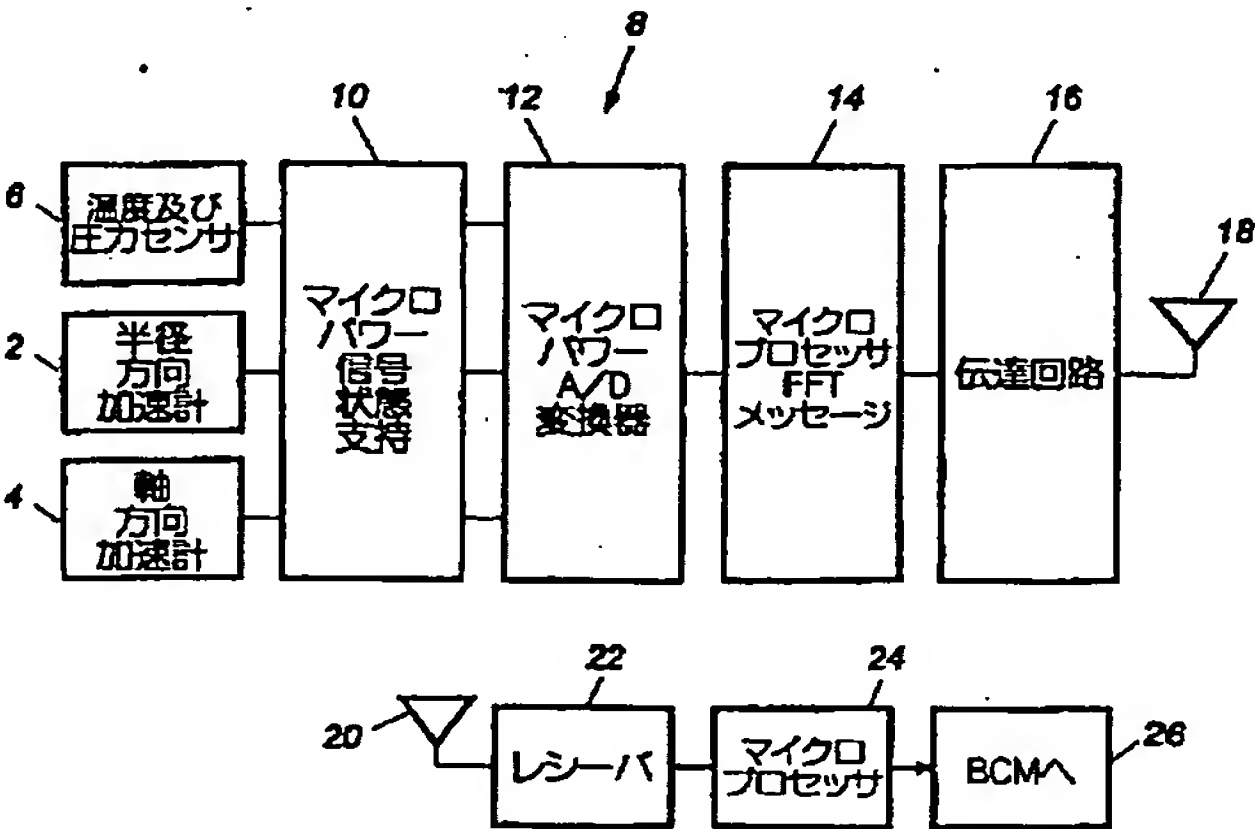
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タイヤ及びサスペンション監視方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 新規なタイヤ及びサスペンション監視方法及び装置を提供する。

【解決手段】 タイヤ及びサスペンション監視及び警報装置は監視を行い、故障モードを警報する1組の多機能センサを有する。装置はタイヤ不平衡、タイヤトレッド摩耗及び車両に取り付けたタイヤのためのショックアブソーバを監視し、警報する。装置は加速信号サンプルパワーを提供するために車輪の軸方向、半径方向及び長手方向の加速測定を行う。タイヤ不平衡に対しては、タイヤ回転周波数の第2次高調波における信号サンプルパワーを第1次高調波と比較する。タイヤトレッド摩耗に対しては、第2周波数範囲内の平均信号サンプルパワーを先に記憶されたベースライン値と比較する。ショックアブソーバ性能に対しては、第2の所定の周波数範囲内のすべての周波数成分の総計をベースライン値と比較する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両の車輪に取り付けられたタイヤの不
平衡を監視するため、タイヤ及びサスペンション警報及
び監視のための方法において、

加速信号を提供するために上記車輪の少なくとも1つの
加速を感知する感知工程と；所定数の加速信号サンプル
を収集する工程と；上記サンプルを変換し、標準化する
工程と；上記標準化されたサンプルから上記車輪の回転
周波数を計算する工程と；上記車輪の上記回転周波数の
第2次の高調波周波数を計算する工程と；上記第2次の
高調波周波数のあたりで周波数成分を総計する工程と；
総計された周波数を先に記憶されたベースライン値と比
較する工程と；比較結果を表す信号を出力する工程と；
を有することを特徴とする方法。

【請求項2】 上記感知工程が上記車輪の半径方向、軸
方向及び長手方向の加速のうちの少なくとも1つを感知
する工程を有することを特徴とする請求項1に記載の方
法。

【請求項3】 上記サンプルを変換する工程が上記サン
プルの高速フーリエ変換（FFT）を遂行する工程を有
することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項4】 上記成分を上記先に記憶されたベースラ
イン値と比較する前に、上記車輪の上記計算された第2
次の高調波周波数をローパス濾波する工程を更に有す
ることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項5】 車両の車輪に取り付けられたタイヤの不
平衡を監視するため、タイヤ及びサスペンション警報及
び監視のための装置において、

上記車輪の少なくとも1つの加速を感知し、これに対応
する加速信号を提供するためのセンサと；所定数の加速
信号サンプルを収集するための収集器と；第1の所定の
周波数範囲内で上記サンプルを変換し、標準化するため
の変換器及び標準化器と；上記変換され標準化されたサ
ンプルから上記車輪の回転周波数を計算するための第1
の計算器と；上記車輪の上記計算された回転周波数から
当該車輪の第2次の高調波周波数を計算するための第2
の計算器と；上記第2次の高調波周波数を先に記憶され
たベースライン値と比較するための比較器と；上記比較
器の比較結果を表す信号を出力するための出力回路と；
を有することを特徴とする装置。

【請求項6】 上記センサが上記車輪の半径方向、軸方
向及び長手方向の加速のうちの少なくとも1つを感知す
ることを特徴とする請求項5に記載の装置。

【請求項7】 上記変換器が上記サンプルの高速フーリ
エ変換（FFT）を遂行することを特徴とする請求項5
に記載の装置。

【請求項8】 上記出力回路により出力される信号が上
記第2次の高調波周波数と上記先に記憶されたベースラ
イン値との間の差に比例する信号であることを特徴とす
る請求項5に記載の装置。

【請求項9】 車両の車輪に取り付けられたタイヤのタ
イヤトレッド摩耗を監視するため、タイヤ及びサスペ
ンション警報及び監視のための方法において、

加速信号を提供するために上記車輪の少なくとも1つの
加速を感知する感知工程と；所定数の加速信号サンプ
ルを収集する工程と；第1の所定の周波数範囲内で上記サ
ンプルを変換し、標準化する工程と；第2の所定の周波
数範囲内で上記変換され標準化されたサンプルを平均化
する工程と；上記平均化されたサンプルを先に記憶され
たベースライン値と比較する工程と；比較結果を表す信
号を出力する出力工程と；を有することを特徴とする方
法。

【請求項10】 上記感知工程が上記車輪の半径方向、
軸方向及び長手方向の加速のうちの少なくとも1つを感
知する工程を有することを特徴とする請求項9に記載の
方法。

【請求項11】 上記サンプルを変換する工程が上記サン
プルの高速フーリエ変換（FFT）を遂行する工程を
有することを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項12】 上記平均化されたサンプルを上記先に
記憶されたベースライン値と比較する前に、当該平均化
されたサンプルをローパス濾波する工程を更に有するこ
とを特徴とする請求項9に記載の方法。

【請求項13】 上記出力工程が上記平均化されたサン
プルと上記先に記憶されたベースライン値との間の差に
比例する信号を出力する工程を有することを特徴とする
請求項9に記載の方法。

【請求項14】 車両の車輪に取り付けられたタイヤの
タイヤトレッド摩耗を監視するため、タイヤ及びサスペ
ンション警報及び監視のための装置において、

上記車輪の少なくとも1つの加速を感知し、これに対応
する加速信号を提供するためのセンサと；所定数の加速
信号サンプルを収集するための収集器と；第1の所定の
周波数範囲内で上記サンプルを変換し、標準化するため
の変換器及び標準化器と；第2の所定の周波数範囲内で
上記変換され標準化されたサンプルを平均化するための
平均化器と；上記平均化されたサンプルを先に記憶され
たベースライン値と比較するための比較器と；上記比較
器の比較結果を表す信号を出力するための出力回路と；
を有することを特徴とする装置。

【請求項15】 上記センサが上記車輪の半径方向、軸
方向及び長手方向の加速のうちの少なくとも1つを感知
することを特徴とする請求項14に記載の装置。

【請求項16】 上記変換器が上記サンプルの高速フー
リエ変換（FFT）を遂行することを特徴とする請求項
14に記載の装置。

【請求項17】 上記第2の所定の周波数範囲がタイヤ
トレッドシェルの横方向周波数であることを特徴とする
請求項14に記載の装置。

【請求項18】 上記平均化されたサンプルを上記比較

器へ出力する前に当該平均化されたサンプルをローパス濾波するためのローパスフィルタを更に有することを特徴とする請求項 14 に記載の装置。

【請求項 19】 上記出力回路により出力される信号が上記平均化されたサンプルと上記先に記憶されたベースライン値との間の差に比例する信号であることを特徴とする請求項 14 に記載の装置。

【請求項 20】 上記先に記憶されたベースライン値が新たな時間に得られた平均サンプル値に対応することを特徴とする請求項 14 に記載の装置。

【請求項 21】 車両の車輪に取り付けられたショックアブソーバのショックアブソーバ性能を監視するため、タイヤ及びサスペンション警報及び監視のための方法において、

加速信号を提供するために上記車輪の少なくとも 1 つの加速を感知する感知工程と；所定数の加速信号サンプルを収集する工程と；第 1 の所定の周波数範囲内で上記収集されたサンプルを変換し、標準化する工程と；第 2 の所定の周波数範囲内で上記変換され標準化されたサンプルを総計する工程と；上記総計されたサンプルを先に記憶されたベースライン値と比較する工程と；比較結果を表す信号を出力する出力工程と；を有することを特徴とする方法。

【請求項 22】 上記感知工程が上記車輪の半径方向、軸方向及び長手方向の加速のうちの少なくとも 1 つを感知する工程を有することを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】 上記サンプルを変換する工程が上記サンプルの高速フーリエ変換 (FFT) を遂行する工程を有することを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 24】 上記第 2 の所定の周波数範囲が車両のばね下質量共振周波数であることを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 25】 上記総計されたサンプルを上記先に記憶されたベースライン値と比較する前に、当該総計されたサンプルをローパス濾波する工程を更に有することを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 26】 上記出力工程が上記総計されたサンプルと上記先に記憶されたベースライン値との間の差に比例する信号を出力する工程を有することを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 27】 車両の車輪に取り付けられたショックアブソーバのショックアブソーバ性能を監視するため、タイヤ及びサスペンション警報及び監視のための装置において、

上記車輪の少なくとも 1 つの加速を感知し、これに対応する加速信号を提供するためのセンサと；所定数の加速信号サンプルを収集するための収集器と；第 1 の所定の周波数範囲内で上記サンプルを変換し、標準化するための変換器及び標準化器と；第 2 の所定の周波数範囲内で

上記変換され標準化されたサンプルを総計するするための総計器と；上記総計されたサンプルを先に記憶されたベースライン値と比較するための比較器と；上記比較器の比較結果を表す信号を出力するための出力回路と；を有することを特徴とする装置。

【請求項 28】 上記センサが上記車輪の半径方向、軸方向及び長手方向の加速のうちの少なくとも 1 つを感知することを特徴とする請求項 27 に記載の装置。

10 【請求項 29】 上記変換器が上記サンプルの高速フーリエ変換 (FFT) を遂行することを特徴とする請求項 27 に記載の装置。

【請求項 30】 上記第 2 の所定の周波数範囲が車両のばね下質量共振周波数であることを特徴とする請求項 27 に記載の装置。

【請求項 31】 上記総計されたサンプルを上記比較器へ出力する前に、当該総計されたサンプルをローパス濾波するローパスフィルタを更に有することを特徴とする請求項 27 に記載の装置。

20 【請求項 32】 上記出力回路により出力される信号が上記総計されたサンプルと上記先に記憶されたベースライン値との間の差に比例する信号であることを特徴とする請求項 27 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の分野】 本発明は 1 組のセンサからなる、タイヤ及びサスペンション警報及び監視装置に関する。これらのセンサは現在のタイヤ及びサスペンションの性能を監視し、測定し、タイヤ又はサスペンション装置の点検が必要になった場合に、運転手に定期的に警告を発する。

30 車輪の各タイヤに対して 1 つのセンサが存在する。各センサは次のタイヤ及びサスペンションの性能、即ち、

(a) 車両の各タイヤのタイヤ不平衡、(b) 車両の各タイヤのタイヤトレッドの摩耗及び (c) 車両の各タイヤのためのショックアブソーバの性能を測定する。

【0002】

【従来の技術】 自動車のハンドリング性能 (例えば、車両の操舵、制動及び燃料消費) はタイヤ及びサスペンションの状態により影響を受ける。ハンドリング性能は不適切なタイヤの膨張、異常なタイヤトレッドの摩耗、平衡状態の欠如及びショックアブソーバの性能不良より影響を受ける。

【0003】 40, 000 マイル (約 64, 000 km) で通常摩耗するタイヤの 10% は異常なタイヤトレッドの摩耗のため実際は 30, 000 マイル (約 48, 000 km) で摩耗する。その結果、120, 000 マイル (約 192, 000 km) の車両寿命の過程にわたって、車両は 300 ドルの平均コストの付加的な組のタイヤを必要とすることがある。従って、異常なタイヤ不平衡を運転手に警告するのが望ましい。

50 【0004】 スマートタイヤ・システムズ社 (SmartTire

Systems) から入手できるタイヤ監視装置は無線車輪装着センサ及び運転手の視界及び到達範囲内に装着された表示レシーバを使用して車両のタイヤ内の空気圧及び温度を監視するために無線技術を使用する。1つのセンサは各車輪に装着され、タイヤはセンサ上に装着され、各センサは圧力トランスデューサ、温度トランスデューサ、遠心スイッチ、ラジオトランスミッタ及びリチウムバッテリーを含む。表示モジュールは必要な圧力、実際の圧力、圧力状態及び温度を示す。この装置は温度及び圧力情報を提供するが、トレッドの摩耗、平衡及びショックアブソーバの性能についての情報は提供しない。

【0005】更に、アンチロック制動装置(ABS)及び一体の車両コントローラ(IVC)は各車輪のための車輪回転速度を表示する情報の入力が必要とする。現在、各車輪に対して別個の車輪速度センサを設ける。これは典型的にはタイヤを回転可能に支持する対応する車軸に同軸に取り付けられた磁気ディスクで作った歯付きホイールと、各タイヤの速度を表示する周波数を有する交番センサ信号を提供するために各歯付きホイールに隣接してその間の間隔で配置されたピックアップコイルとを含む。付加的な機能をも提供するセンサを使用することにより、この型式のセンサの必要性を排除することが望ましい。

【0006】共願の米国特許出願第09/454,443号明細書はタイヤトレッドの摩耗、ショックアブソーバの性能、車両のタイヤの平衡状態及び車両の車輪の回転速度を含むタイヤに影響を及ぼす車両の状態を監視する装置及び方法を開示している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上述の共願の米国特許出願明細書は本発明のものと共通の多くの特徴を含むが、種々の車両素子が欠陥になった場合の車両の運転手への通知及び成分の欠陥までの時間の長さについての運転手への通知を含む、本発明の顕著な特徴は含まない。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は(a)車両のタイヤのタイヤ不平衡、(b)車両のタイヤのタイヤトレッドの摩耗及び(c)車両のショックアブソーバの性能のためのタイヤ及びサスペンション監視及び警報装置に関する。ここでは、単一又は複数の振動センサからの照合濾波された振動信号のそのベースライン値からの変化を使用して、対象の車両パラメータの状態を決定する。

【0009】本発明によれば、センサは、加速信号を提供するために、タイヤの半径方向の加速の如きタイヤの少なくとも1つの加速を感知することにより、タイヤの不平衡を測定する。信号は、これらの信号を処理する少なくとも1つのプロセッサへ提供される。単一のプロセッサ又は複数のプロセッサを使用することができる。センサ及び少なくとも1つのプロセッサは車輪上に(例えば、車輪の穴(井戸)において或いは弁システムの近傍で

タイヤの内部か又は保護ケーシング内のタイヤの外部でリム上に)装着できる。少なくとも1つのプロセッサはセンサからの加速信号に応答でき、これらの信号を処理し、処理された信号と先に記憶されたしきい値との比較に基づきタイヤの不平衡を決定し、運転手情報ディスプレイに伝達されるタイヤ不平衡を表す情報信号を提供する。信号は警報信号又はトレッド不平衡の量的表示とすることができる。

【0010】本発明によれば、車輪の少なくとも1つの加速はタイヤの不平衡を計算する前に感知される。所定数の加速信号サンプルが収集され、次いで、変換され、標準化される。次いで、車輪の回転周波数が変換され標準化されたサンプルから計算され、次いで、回転周波数の第2次の高調波が計算される。次いで、すべての周波数成分が、計算された第2次の高調波周波数のいずれかの側での所定の標準の逸れ即ち偏差を含む計算された第2次の高調波周波数のあたりで総計される。次いで、基本的な回転周波数のパワーにより結果を重みづけできる。次いで、疑似のノイズを含む一層高次の周波数を除去するように、結果はまたローパス濾波できる。次いで、濾波された結果を所定のしきい値と比較する。次いで、比較結果を表す信号を出力する。

【0011】本発明によれば、センサは、加速信号を提供するために、タイヤの軸方向の加速の如きタイヤの少なくとも1つの加速を感知することにより、タイヤトレッドの摩耗を測定する。信号は、これらの信号を処理する少なくとも1つのプロセッサへ提供される。単一のプロセッサ又は複数のプロセッサを使用することができる。センサ及び少なくとも1つのプロセッサは車輪上に(例えば、車輪の穴(井戸)において或いは弁システムの近傍でタイヤの内部か又は保護ケーシング内のタイヤの外部でリム上に)装着できる。少なくとも1つのプロセッサはセンサからの加速信号に応答でき、これらの信号を処理し、処理された信号と先に記憶されたしきい値との比較に基づきタイヤトレッドの摩耗を決定し、運転手情報ディスプレイに伝達されるタイヤトレッドの摩耗を表す情報信号を提供する。信号は警報信号又はトレッド摩耗の量的表示とすることができる。

【0012】本発明によれば、車輪の少なくとも1つの加速はタイヤトレッドの摩耗を計算する前に感知される。所定数の加速信号サンプルが収集され、次いで、第1の所定の周波数範囲内で変換され、標準化される。次いで、変換され標準化されたサンプルがタイヤシェルの横方向の共振周波数のあたりの第2の所定の周波数範囲内で平均化され、次いで、その第2の範囲からの等価即ち平均周波数が摩耗していないタイヤのための先に記憶されたベースライン値と比較される。次いで、第2の所定範囲内の等価即ち平均周波数のシフトを表す信号が出力され、これは摩耗したタイヤの比較結果を表すことができる。

【0013】本発明によれば、車両の車輪のショックアブソーバのショックアブソーバ性能を監視するための技術が提供される。この技術は、加速信号を提供するために、タイヤの半径方向の加速の如きタイヤの少なくとも1つの加速を感知するセンサを使用する。信号は、これらの信号を処理する少なくとも1つのプロセッサへ提供される。単一のプロセッサ又は複数のプロセッサを使用することができる。センサ及び少なくとも1つのプロセッサは車輪上に（例えば、車輪の穴（井戸）において或いは弁システムの近傍でタイヤの内部か又は保護ケーシング内のタイヤの外部でリム上に）装着できる。少なくとも1つのプロセッサはセンサからの加速信号に応答でき、所定数の加速サンプルを収集する。次いで、例えば加速信号の高速フーリエ変換（FFT）を行うことにより、加速信号のディスクリットフーリエ変換（DFT）を計算するために、サンプルが少なくとも1つのプロセッサにより使用される。次いで、所定の周波数範囲内のすべての測定された周波数成分が、少なくとも1つのプロセッサにより、FFTに含まれる合計エネルギーとして標準化される。すべての周波数成分の合計は、少なくとも1つのプロセッサにより、車両のばね下質量共振周波数のあたりの別の所定の周波数範囲内で発生され、引き続いて、ローパス濾波される。次いで、結果が新品のショックアブソーバのベースライン結果と比較され、この比較の結果はショックアブソーバ性能を表す情報を提供する。次いで、ショックアブソーバ性能を表すこの情報を運転手情報ディスプレイへ伝達することができる。

【0014】

【実施の形態】本発明の詳細な説明を開始する前に、次のことを順に述べる。適当な場合、同様の符号及び文字は異なる図面における同一の又は対応する又は同様の素子を示すために使用することができる。更に、以下の詳細な説明においては、例示的な寸法／モデル／値／範囲を与えることができるが、本発明はそれに限定されない。周知のパワー接続及び他の周知の素子は図及び説明を明瞭にするために、また本発明を判りにくくしないよう図面には示さない。

【0015】図1は本発明に従って作動できる例示的な装置のブロック線図である。図1に示すように、タイヤの内部又は車輪のリム上のタイヤの外部における車両の車輪での状態を感知するために1又はそれ以上のセンサを設ける。タイヤ又は車輪の加速を測定するために少なくとも1つの加速計2を設ける。タイヤ又は車輪の別の加速を測定するために別の加速計4を設けることもできる。半径方向の加速は半径方向（即ち、タイヤの回転軸線に垂直な方向）における車輪又はタイヤの加速である。軸方向の加速は軸（即ち、タイヤの回転軸線に沿う）方向における車輪又はタイヤの加速、即ちドア間方向加速である。長手方向の加速はタイヤが回転する軸線に垂直な長手方向（即ち、車両の前から後への方向）に

おける加速である。温度及び圧力センサ6を設けることもできる。例えば、温度トランスデューサ及び圧力トランスデューサを設けることができ、上記スマートタイヤ・システムズ社のタイヤ監視装置と同じ方法で作動させることができる。車両が運動中のときにのみに装置がオンされるように、遠心スイッチ（図示せず）も含ませることができ、装置はバッテリーの寿命を延ばすように車両を停止させた場合にオフされるか又は睡眠モードへ切り換えられる。

【0016】加速計2及び加速計4は2軸加速計として設けることができる。代わりに、長手方向の加速をも測定するように、3軸加速計も設けることができる。（例えば、2軸加速計の形をした）加速計2及び加速計4、並びに、任意の他のセンサ（例えば、温度及び圧力センサ6及び遠心スイッチ）が設けられ、その信号を1又はそれ以上のマイクロプロセッサ8へ伝達する。マイクロプロセッサ8の少なくともいくつか、好ましくはすべてをタイヤの内部又は外部で車輪のリム上に設け、好ましくは単一のマイクロプロセッサとして組み合わせられる。1又はそれ以上のセンサは単一のカスタムメイドの特定一体センサとしてマイクロプロセッサと組み合わせることができる。

【0017】図1に示すように、少なくとも1つのプロセッサ8はいくつかの機能を有する。1つのマイクロプロセッサ10（又は単一のマイクロプロセッサを設ける場合はプロセッサの一部）は加速計2、（設けられた場合の）加速計4、温度及び圧力センサ6、並びに遠心スイッチから出力を受け取り、センサ2、4、6へパワーを提供する。別のマイクロプロセッサ12（又は単一のマイクロプロセッサを設ける場合はプロセッサ8の一部）はセンサ2、4、6からのアナログ信号をデジタル信号に変換するためのアナログ／デジタル変換器である。

【0018】別のマイクロプロセッサ14（又は単一のマイクロプロセッサを設ける場合はプロセッサ8の別の一部）はセンサのデジタル化された出力を処理し、後述するようにタイヤの不平衡及び（又は）車輪の回転速度を決定し、情報信号を運転手に伝達すべきか否かの決定を行う。マイクロプロセッサ14により情報信号を運転手に伝達する決定がなされた場合、マイクロプロセッサ16（又は単一のマイクロプロセッサを設ける場合はプロセッサ8の一部）は車輪からの情報信号をトランスミッタ18を介して無線で伝達する。

【0019】無線信号は車両内に設けたレシーバ22のアンテナ20により受信される。情報信号はマイクロプロセッサ24により処理され、本体制御モジュール又は情報ディスプレイ26へ送られる。

【0020】運転手へ中継される情報は、相対的なタイヤ不平衡を示す付随の音響警報又は量的データ読み出し値を伴った又は伴わない、警報信号とすることができる

る。車輪の回転速度の場合、信号はアンチロック制動装置又は一体型車両コントローラの如き車両コントローラに提供される。

【0021】当業者なら認識できるように、運転手情報ディスプレイはダッシュボード内、バックミラー上、又はオーバーヘッドコンソール内に設けることができる。図2は本発明の技術に従って使用できる装置の車輪装着部分の1つの実施の形態を示す概略斜視図である。図2に示すように、センサ2、4、6並びにプロセッサ8及びトランスミッタ18はタイヤの内部でリム上に設けられる。特に、これらはタイヤの弁ステム30のまわりに調整自在に装着できるケーシング28の内部に設けられる。ケーシング28はタイヤの内部で弁ステム30のまわりに設けるたものとして示したが、当業者なら理解できるように、他の位置が可能である。例えば、センサが車輪の回転軸線から離れ、他の要素から保護される限り、センサ及び少なくとも1つのマイクロプロセッサはリム上のどこにでも（例えば、タイヤの外部でリム上のケーシング内等）設けることができる。図2に示す保護ケーシング28はまた、ケーシング28を弁ステム30に装着することなくケーシングをリムに装着するためのバンド装着体を使用して、タイヤの内部に設けることができる。

【0022】図2に示す構成においては、加速計2及び加速計4は2軸加速計5として設けられる。温度及び圧力センサ6もケーシング28内に設けられる。図1に示す機能10、12、14、16を有する単一の特定応用マイクロプロセッサ8はトランスミッタ18のようにケーシング28内に設けられる。マイクロプロセッサ8及びセンサ5、6へパワーを提供するためのバッテリー19も設けられる。バッテリーは好ましくはリチウムバッテリーである。ケーシング28及びその中に設けられた素子は実質的にメンテナンスを要しないものである。これに関し、マイクロプロセッサ又はマイクロプロセッサの機能10、12、14の一部又は全部をレーシーバ22のマイクロプロセッサ24内で車両内に設けることができるが、マイクロプロセッサ又は機能10、12、14はバッテリーの寿命を浪費しないように車輪ユニット上に設けるのが好ましい。バッテリーの寿命は、タイヤトレッドの摩耗を決定するためにマイクロプロセッサ又はマイクロプロセッサ部分14によって情報を処理し、タイヤトレッドの摩耗が大きく変化した（例えば、許容レベルを越えて悪化した場合）場合にのみ情報信号を伝達することにより、浪費しなくて済む。伝達の数をおよび制限することにより、バッテリーの寿命を延ばすことができる。もちろん、当業者なら理解できるように、1又はそれ以上のセンサ2、4、6からの出力信号をレーシーバ22へ連続的又は間欠的に伝達し、マイクロプロセッサ24により信号を処理することが可能である。

【0023】本発明は、車輪又はタイヤの半径方向及び

（又は）軸方向の加速の如き車輪又はタイヤの加速がタイヤトレッドの摩耗、ショックアブソーバの性能、平衡状態及び（又は）車輪回転速度に関する情報を提供するために使用できるという発明者の発見に基づく。更に、半径方向の信号周波数は車輪の回転速度を表示することができ、アンチロック制動装置又は一体型車両コントローラの如き車両コントローラへ車輪回転速度データを提供するために使用できる。

【0024】詳細には、タイヤの不平衡を監視するために、半径方向加速計2により半径方向の加速を測定することができ、または、軸方向加速計4により軸方向の加速を測定することができ、または、2軸又は3軸加速計5により半径方向及び軸方向の双方の加速を測定することができる。半径方向の加速の測定が有効であることが判明し、例示の目的でのみ、半径方向の加速を使用する。しかし、本発明は半径方向の加速のみに限定されないことを理解すべきである。

【0025】測定された加速信号は次いで、加速計2、4又は5を制御し、信号をアナログ/デジタル変換器12へ伝達する信号処理回路即ちマイクロプロセッサ部分10へ伝達される。所定数のデジタル化されたサンプルが収集される。512個のサンプルが有効であることが判明した。しかし、本発明はこの数のサンプルに限定されない。

【0026】次いで、デジタル信号は、例えば加速信号の高速フーリエ変換（FFT）を行うことにより、加速信号のディスクリットフーリエ変換（DFT）を計算するマイクロプロセッサ又はマイクロプロセッサ部分14へ伝達される。FFTの各成分は第1の所定の周波数範囲にわたって収集される合計軸方向エネルギーへと標準化される。0から50Hzまでの第1の所定の周波数範囲が有効であることが判明した。しかし、本発明はこの周波数範囲に限定されない。

【0027】次いで、収集され標準化された結果の回転周波数は車輪の回転周波数を計算するために使用され、次いで、車輪の回転周波数の第2次の高調波が計算される。次いで、すべての周波数成分が、第2次の高調波周波数のいずれかの側での所定数の標準偏差を含む、半径方向又は軸方向の加速計でのこの第2次の高調波周波数のあたりで総計される。また、軸方向加速計の信号が有効であることも判明した。また、2つの標準の偏差が有効であることも判明した。しかし、本発明はこの値に限定されない。

【0028】タイヤ不平衡がしばしば一層高い回転速度で容易に検出できるので、出力は0重みづけのための速度しきいを有するか又はしきい以上の基本的な回転周波数のパワーにより重みづけすることができ、次いで、疑似のノイズ成分を含む一層高い周波数成分を排除するためにローパス濾波することができる。

【0029】次いで、基本的な回転周波数のパワーをロ

ーパス濾波して、疑似のノイズ成分を含む一層高い周波数成分を排除することができる。次いで、上述の2つの濾波された結果の割合は所定のしきい値と比較され、所定のしきい値を越えているときには、運転手は普通可能なトレッド分離を表すタイヤ不平衡の警告を受ける。タイヤの故障の直前にのみ警報信号を提供するのではなく、タイヤトレッドの不平衡の量に関する表示を運転手に提供することが可能であることに留意されたい。

【0030】車両の車輪の車輪回転速度を監視するために、装置及び方法は、加速信号を提供するためにタイヤの半径方向の加速の如き少なくとも1つの加速を感知するセンサ2を使用する。次いで、例えば伝達回路16及びトランスミッタ18を含むトランシーバが車輪回転速度を表す信号をアンチロック制動装置(ABS)又は一体型車両コントローラ(IVC)の如き車両コントローラのレシーバへ伝達する。この装置は現在使用されている車輪速度センサの代わりに使用することができる。本発明が車両のタイヤのタイヤトレッド摩耗を監視するために車両に組み込まれた場合は、本発明の技術の使用が、現在使用されている車輪速度センサ及びそれに関連する費用の必要性を排除する。

【0031】タイヤに不平衡が無いことを表すしきい値を測定又は計算できる。例えば、新品のタイヤを備えた新車のためのOEM組立て設備において、各タイヤに対する一定の車輪/車両速度及び公称タイヤ圧力において、加速の種々の成分のFFTを行い、タイヤ不平衡を決定するためのベースライン信号(振幅及び周波数の双方)を確立することができる。しきい値はマイクロプロセッサ内の機内メモリー内に記憶できる。車両が路面上にある間、本発明の技術はこれらの信号を周期的に監視し、既知の車輪/車両速度での値を計算し、監視された信号を所定のしきい値と比較することができる。これらの信号における顕著な逸れは警報を送るために使用することができる。半径方向の信号周波数はABSおよびIVC応用に対する車輪回転速度の表示として使用することができる。

【0032】警報しきいを決定するために、対象の速度、圧力及びトレッド摩耗範囲にわたって標準の組のタイヤについて一連の校正試験を行い、各プラットフォームに対して優先する検索テーブルを作ることができる。工場ですべての車輪を測定し、校正する代わりに、既知の車輪モジュールを備えた一定のプラットフォームに対して、その組のための既存の校正データにローディングするだけで十分である。この検索テーブルはOEM位置での決定ソフトウェアを用いてマイクロプロセッサ内で符号化することができる。この符号化の一部は市場後ユーザーのために利用することができる。

【0033】要約すると、図3を参照すれば、ステップ310において、所定数のサンプル(512個の半径方向サンプル)が取り出され、次いでデジタル化され、収

集される。次いで、ステップ320において、収集されたサンプルが次いでFFTの如き変換を計算するために使用される。ステップ330においては、計算されたFFTが次いで標準化され、ステップ340において、標準化されたFFTが次いで車輪の回転周波数を計算するために使用される。ステップ350において、所定数のサンプル(512個の軸方向サンプル)が取り出され、デジタル化され、収集される。ステップ360において、収集されたサンプルが次いでFFTを計算するために使用される。ステップ370においては、計算されたFFTが次いで標準化される。ステップ380においては、ステップ340で発生された第2次の高調波信号及びステップ370での軸方向信号の双方が、第2次の高調波周波数のいずれかの側での所定数の標準偏差を含むこの第2次の高調波信号のあたりで総計される。ステップ390において、総計された信号を例えば100秒の時間定数でローパス濾波して、疑似のノイズを除去することができる。ステップ400において、濾波された出力が先に記憶されたベースライン値以上の所定のしきい値であるか否かについての決定を行うことができる。ステップ400において、しきいを越えていると判断された場合は、ステップ410において、警報メッセージを発生させる。代わりに、ステップ400において、しきいを越えていないと判断された場合は、処理はステップ420へ進み、再度サンプルを取り出すための次の所定の間隔だけ待機する。

【0034】本発明は、車輪又はタイヤの半径方向及び(又は)軸方向の加速の如き車輪又はタイヤの加速がタイヤトレッドの摩耗、ショックアブソーバの性能、平衡状態及び(又は)車輪回転速度に関する情報を提供するために使用できるという発明者の発見に基づく。更に、半径方向の信号周波数は車輪の回転速度を表示することができ、アンチロック制動装置又は一体型車両コントローラの如き車両コントローラへ車輪回転速度データを提供するために使用できる。

【0035】詳細には、戻って図1を参照すると、タイヤトレッドの摩耗を監視するために、半径方向加速計2により半径方向の加速を測定することができ、または、軸方向加速計4により軸方向の加速を測定することができ、または、戻って図2を参照すると、2軸又は3軸加速計5により半径方向及び軸方向の双方の加速を測定することができる。軸方向の加速の測定が有効であることが判明し、例示の目的でのみ、軸方向の加速を使用する。しかし、本発明は軸方向の加速のみに限定されないことを理解すべきである。

【0036】測定された加速信号は次いで、加速計2、4又は5を制御し、信号をアナログ/デジタル変換器12へ伝達する信号処理回路即ちマイクロプロセッサ部分10へ伝達される。所定数のデジタル化されたサンプルが収集される。512個のサンプルが有効であることが

判明した。しかし、本発明はこの数のサンプルに限定されない。

【0037】次いで、デジタル信号は、例えば加速信号の高速フーリエ変換（FFT）を行うことにより、加速信号のディスクリットフーリエ変換（DFT）を計算するマイクロプロセッサ又はマイクロプロセッサ部分14へ伝達される。FFTの各成分は第1の所定の周波数範囲にわたって収集される合計軸方向エネルギーへと標準化される。0から50Hzまでの第1の所定の周波数範囲が有効であることが判明した。しかし、本発明はこの周波数範囲に限定されない。

【0038】第2の所定の周波数範囲内の平均エネルギーはレジスタの如きメモリ装置内に記憶され、対応する平均周波数を指定する。タイヤシェルの横方向の共振周波数の近くである30から50Hzまでの第2の所定の周波数範囲が有効であることが判明した。次いで、この第2の範囲からの等価即ち平均周波数が計算される。この第2の範囲内での等価即ち平均周波数のシフトはタイヤ摩耗を表すことができる。しかし、本発明はこの周波数範囲に限定されない。

【0039】次いで、出力をローパス濾波して、疑似のノイズ成分を除去することができる。新品のタイヤのための周波数成分の総計は記憶され、ベースライン値として参照される。周期的に、新たな組の周波数成分が発生され、平均周波数値がベースライン値と比較される。周期的なサンプリングは時間間隔又は走行距離間隔に基づき遂行することができ、走行距離は、これが車輪の回転数に比例するため、車輪の回転測定から容易に決定される。周波数値がベースライン周波数値を所定量だけ越えてシフトした場合、多分タイヤが故障したであろうことを運転手に警報することができる。タイヤの故障の直前にのみ警報信号を提供するのではなく、タイヤトレッドの摩耗の量に関する表示を運転手に提供することが可能であることに留意されたい。

【0040】車両の車輪の車輪回転速度を監視するために、装置及び方法は、加速信号を提供するためにタイヤの半径方向の加速の如き少なくとも1つの加速を感知するセンサ2を使用する。次いで、例えば伝達回路16及びトランスミッタ18を含むトランシーバが車輪回転速度を表す信号をアンチロック制動装置（ABS）又は一体型車両コントローラ（IVC）の如き車両コントローラのレシーバへ伝達する。この装置は現在使用されている車輪速度センサの代わりに使用することができる。本発明が車両のタイヤのタイヤトレッド摩耗を監視するために車両に組み込まれた場合は、本発明の技術の使用が、現在使用されている車輪速度センサ及びそれに関連する費用の必要性を排除する。

【0041】タイヤトレッドの摩耗が無いことを表す記憶された値は測定又は計算することができる。例えば、新品のタイヤを備えた新車のためのOEM組立て設備に

において、各タイヤに対する一定の車輪/車両速度及び公称タイヤ圧力において、加速の種々の成分のFFTを行い、タイヤトレッドの摩耗を決定するためのベースライン信号（振幅及び周波数の双方）を確立することができる。これらのベースライン値はマイクロプロセッサ内の機内メモリ内に記憶できる。車両が路面上にある間、本発明の技術はこれらの信号を周期的に監視し、既知の車輪/車両速度でのこれらの値を計算し、監視された信号をベースライン値と比較することができる。これらの信号における顕著な逸れは警報を送るために使用することができる。半径方向の信号周波数はABSおよびIVC応用に対する車輪回転速度の表示として使用することができる。

【0042】警報しきいを決定するために、対象の速度、圧力及びトレッド摩耗範囲にわたって標準の組のタイヤについて一連の較正試験を行い、各プラットフォームに対して優先する検索テーブルを作ることができる。工場ですべての車輪を測定し、較正する代わりに、既知の車輪モジュールを備えた一定のプラットフォームに対して、その組のための既存の較正データにローディングするだけで十分である。この検索テーブルはOEM位置での決定ソフトウェアを用いてマイクロプロセッサ内で符号化することができる。この符号化の一部は市場後ユーザーのために利用することができる。

【0043】要約すると、図4を参照すれば、ステップ510において、所定数のサンプル（512個の軸方向サンプル）が取り出され、次いでデジタル化され、収集される。次いで、ステップ520において、収集されたサンプルが次いでFFTの如き変換を計算するために使用される。ステップ530においては、計算されたFFTが次いで標準化され、ステップ540において、標準化されたFFTが次いで30-50Hzの如き所定の周波数範囲にわたって平均化される。ステップ550において、平均化された値を例えば100秒の時間定数でローパス濾波して、疑似のノイズを除去することができる。ステップ560において、濾波された出力が先に記憶されたベースライン値以上の所定のしきい値であるか否かについての決定を行うことができる。ステップ560において、しきいを越えていると判断された場合は、ステップ570において、警報メッセージを発生させ、処理はステップ580へ進む。代わりに、ステップ560において、しきいを越えていないと判断された場合は、処理はステップ580へ進み、再度サンプルを取り出すための次の所定の間隔だけ待機する。

【0044】本発明は、車輪又はタイヤの加速、特に車輪又はタイヤの半径方向の加速がショックアブソーバの性能に関する情報を提供するために使用できるという発明者の発見に基づく。発明者は、特定の周波数範囲内での半径方向の加速信号振幅の増大が機能しない又は機能不良のショックアブソーバを表すことができることを発

見した。更に、半径方向の信号周波数は車輪の回転速度を表示することができ、アンチロック制動装置又は一体型車両コントローラの如き車両コントローラへ車輪回転速度データを提供するために使用できる。本発明は車輪の半径方向の加速の測定のみに限定されず、むしろ、ショックアブソーバの性能に関する情報を提供するように、車輪の半径方向、軸方向又は長手方向の加速、或いは、その任意の組み合わせを測定できることに留意されたい。車輪の半径方向の加速は単なる例示の目的で後に説明する。

【0045】車両の車輪に取り付けられたショックアブソーバのショックアブソーバ性能を監視するために、本発明に係る技術は、加速信号を提供するために例えばタイヤの半径方向の加速を感知するセンサ2を使用する。信号は加速計2を制御し、信号をアナログ/デジタル変換器12へ伝達するマイクロプロセッサ又はマイクロプロセッサ部分10へ伝達される。次いで、デジタル信号は所定数のこれらのサンプルを最初に収集するマイクロプロセッサ又はマイクロプロセッサ部分14へ伝達される。512個のサンプルで十分であることが分かった。もちろん、本発明はこのような数のサンプルに限定されないことを理解すべきである。次いで、これらのサンプルはマイクロプロセッサ部分14により使用され、例えば加速信号の高速フーリエ変換(FFT)を行うことにより、加速信号のディスクリットフーリエ変換(DFT)を発生させる。本発明は加速信号のDFT又はFFTの使用に制限されず、むしろ、本発明においては、収集されたサンプルは、ディスクリット(別個の)データのスペクトル変換により、時間領域から周波数領域に変換される。0ないし50Hzの如き所定の周波数範囲内のすべての測定された周波数成分は、次いで、マイクロプロセッサ部分14によりFFT内に含まれる合計エネルギーへと標準化される。所定の周波数範囲はショックアブソーバ、サスペンション、車両の車輪及び車両の他の素子の特定のパラメータに依存することに留意されたい。0ないし50Hzの所定の周波数範囲が有効であることが分かった。しかし、本発明がこの特定の周波数範囲に限定されないことを理解すべきである。次いで、マイクロプロセッサ14は18ないし22Hzの如き別の所定の周波数範囲内のすべての周波数成分の総計を計算する。上述のように、この特定の周波数範囲も、ショックアブソーバ、サスペンション、車両の車輪及び車両の特徴及びパラメータにより決定される。車両のばね下質量共振周波数の近くである18ないし22Hzの周波数範囲が有効であることが分かった。しかし、上述のように、本発明がこの周波数範囲に限定されないことを理解すべきである。次いで、周波数成分の計算された総計をローパス濾波して、疑似のノイズ成分を除去することができる。次いで、結果として生じたサンプルは先に記憶されたベースライン値と比較され、この比較の結果はシ

ョックアブソーバ性能を表すことができる。次いで、ショックアブソーバ性能を表すこの比較結果は伝達回路16によりトランスミッタ18に伝達される。信号はレシーバ22のアンテナ20により受け取られ、マイクロプロセッサ24により処理され、(音響警報を伴う又は伴わない)可視の警報及び(又は)質的な読み出し値として運転手情報ディスプレイ26へ送られる。

【0046】新品のショックアブソーバを表す記憶される値を測定又は計算できる。例えば、新品のタイヤ及び新品のショックアブソーバを備えた新車のためのOEM組立て設備において、各タイヤに対する一定の車輪/車両速度及び公称タイヤ圧力において、加速の半径方向及び横方向の成分のFFTを行い、ショックアブソーバの性能を決定するための半径方向加速信号に対するベースライン信号を確立することができる。一定の公称タイヤ圧力においては、ピーク周波数成分及び振幅のようなものとして、タイヤ圧力信号のFFTが決定される。これらのベースラインの数はマイクロプロセッサ内の機内メモリー内に記憶できる。車両が路面上にある間、本発明の装置及び方法はこれらの信号を周期的に監視し、既知の車輪/車両速度でのこれらの数を計算し、監視された信号をベースライン数と比較することができる。これらの信号における顕著な逸れは警報を送るために使用することができる。例えば、所定の範囲内の半径方向信号の振幅の増大は機能しないショックアブソーバを表すことができる。半径方向信号周波数はまた、ABSおよびIVC応用に対する車輪回転速度の表示として使用することができる。ショックアブソーバ性能の周期的な監視は、予め設定された時間間隔又は予め設定された距離間隔で行うことができ、予め設定された距離間隔は、車輪の回転数が車両の走行距離に直接比例するため、容易に決定できることに留意されたい。

【0047】警報しきいを決定するために、対象の速度、圧力及び摩耗範囲にわたって標準の組のタイヤについて一連の較正試験を行い、各プラットフォームに対して優先する検索テーブルを作ることができる。10dBのしきいが有効であることが分かった。もちろん、本発明がこのしきいに限定されないことを理解すべきである。

【0048】周波数を設定するために工場ですべての車輪を測定し、較正する代わりに、既知の車輪モジュールを備えた一定のプラットフォームに対して、その組のための既存の較正データにローディングするだけで十分である。この検索テーブルはOEM位置での決定ソフトウェアを用いてマイクロプロセッサ内で符号化することができる。この符号化の一部は市場後ユーザーのために利用することができる。

【0049】要約すると、図5を参照すれば、ステップ610において、512個のサンプルの如き所定数の半径方向のサンプルが取り出され、次いでデジタル化さ

れ、収集される。次いで、ステップ620において、収集されたサンプルが次いでFFTの如き変換を計算するために使用される。ステップ630においては、計算されたFFTが次いで標準化され、ステップ640において、標準化されたFFTが次いで車両のばね下質量共振周波数に近い18-22Hzの如き所定の周波数範囲にわたって総計される。ステップ650において、総計された信号を例えば100秒の時間定数でローパス濾波して、疑似のノイズを除去する。ステップ660において、濾波された出力が先に記憶されたベースライン値以上の所定のしきい値であるか否かについての決定を行うことができる。ステップ660において、しきい値を越えていると判断された場合は、ステップ670において、警報メッセージを発生させ、処理はステップ670へ進む。代わりに、ステップ660において、しきい値を越えていないと判断された場合は、処理はステップ680へ進み、再度サンプルを取り出すための次の所定の間隔だけ待機する。

【0050】これで例示的な実施の形態の説明を終わる。多数の図示の実施の形態につき本発明を説明したが、当業者なら、本発明の要旨内に入る種々の他の修正及び実施の形態を工夫できることを理解すべきである。特に、本発明の要旨を逸脱することなく上述の開示、図面及び特許請求の範囲内で本組み合わせ構成の素子部品及び（又は）配列における妥当な種々の変形及び修正が*

*可能である。素子部品及び（又は）配列における変形及び修正に加え、当業者にとっては、代わりの使用も明らかであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に従って作動できる例示的な装置のブロック線図である。

【図2】本発明の技術と一緒に使用できる一体のセンサ及びプロセッサユニットの斜視図である。

【図3】本発明でタイヤの不均衡を監視するための技術を遂行するために使用できる工程の例を示すフローチャートである。

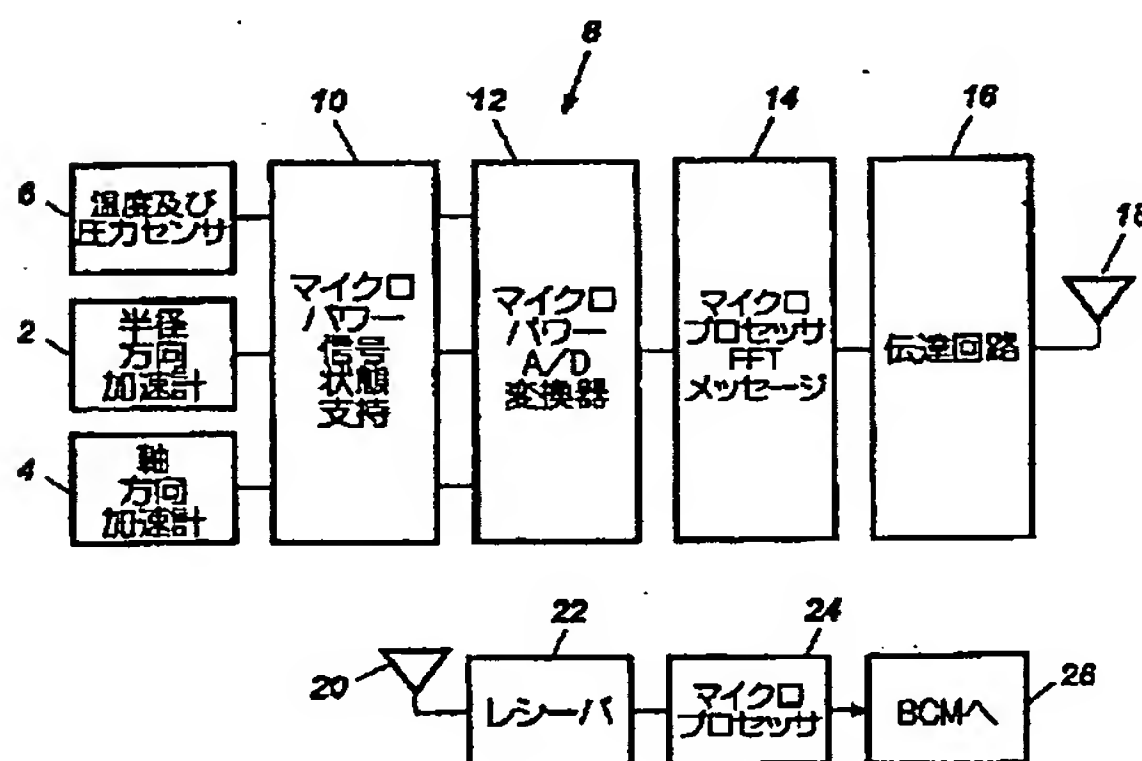
【図4】本発明でタイヤトレッドの摩耗を監視するための技術を遂行するために使用できる工程の例を示すフローチャートである。

【図5】本発明でショックアブソーバの性能を監視するための技術を遂行するために使用できる工程の例を示すフローチャートである。

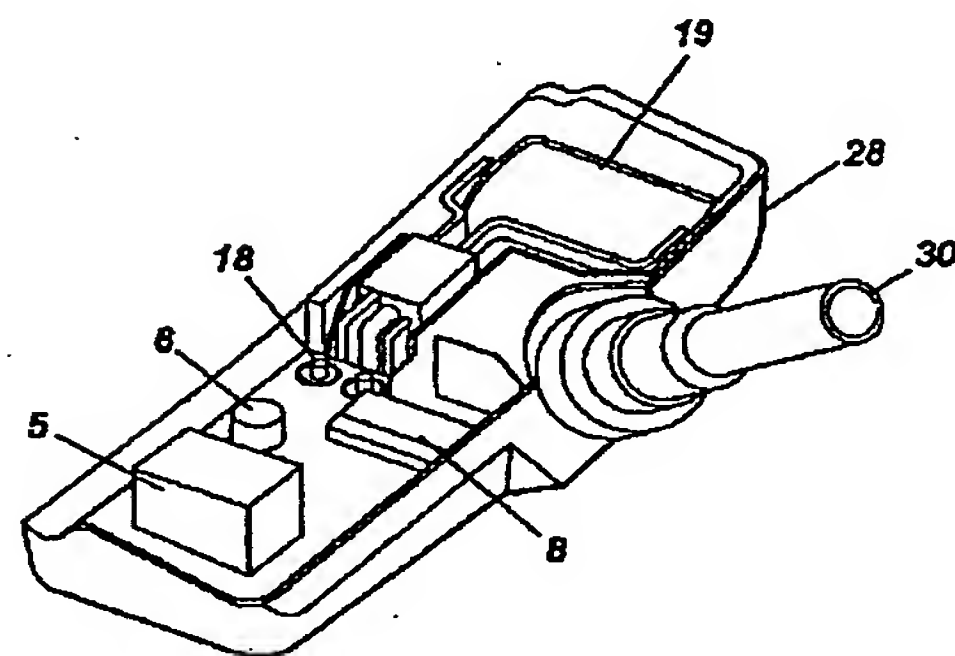
【符号の説明】

- 2、4 加速計
6 センサ
8、10、12、14、16 マイクロプロセッサ
20 アンテナ
22 レシーバ
24 マイクロプロセッサ
26 情報ディスプレイ

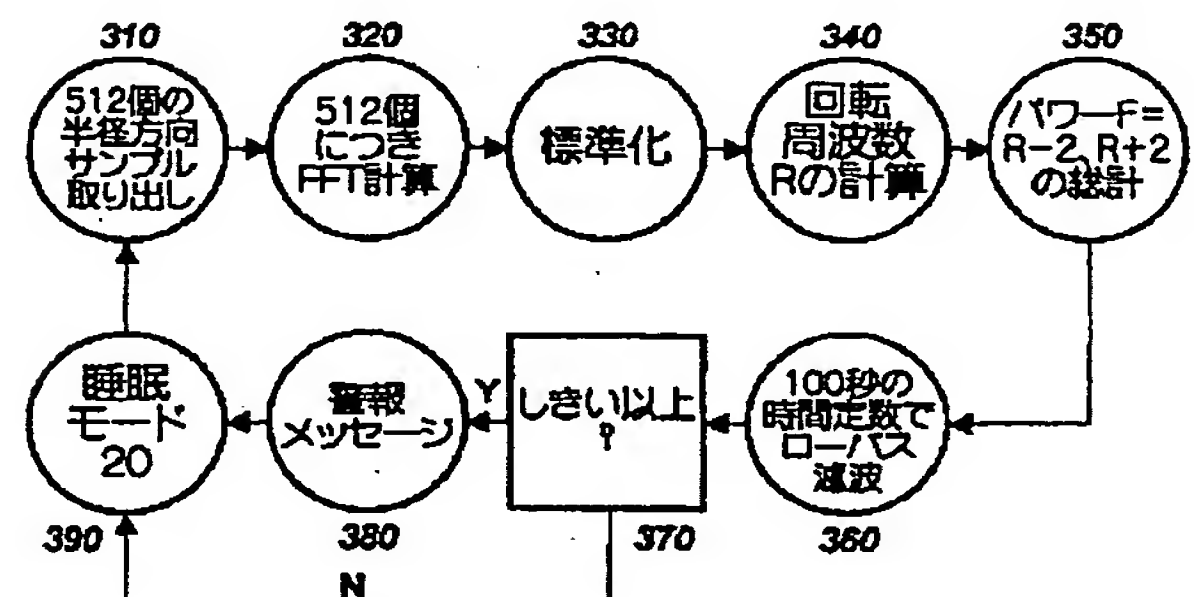
【図1】



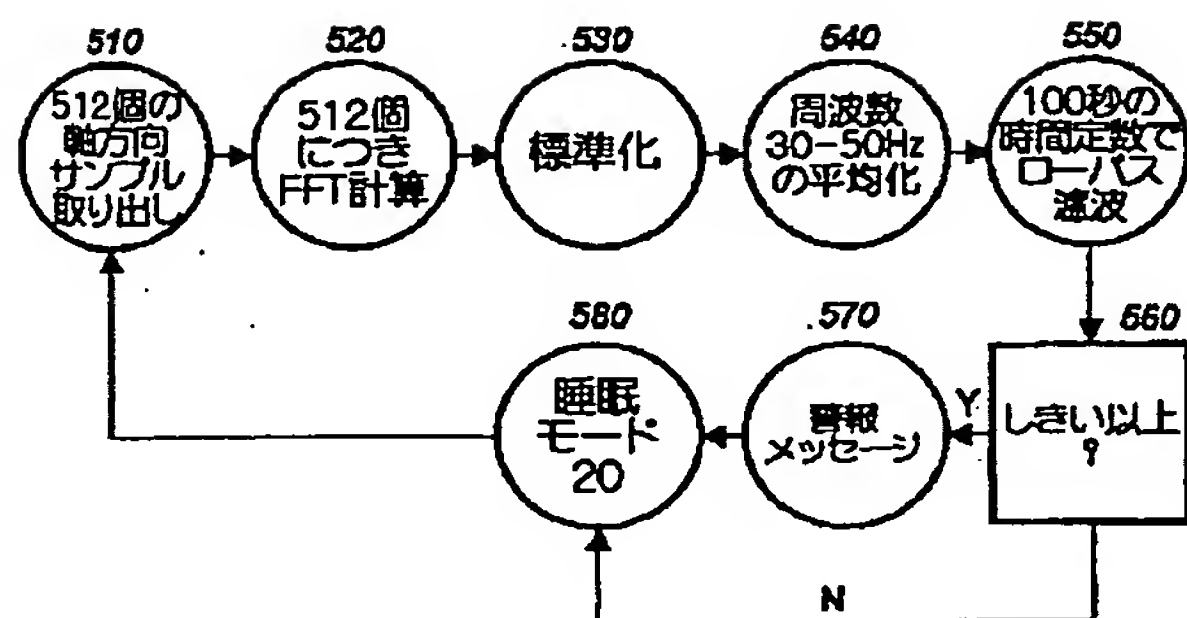
【図2】



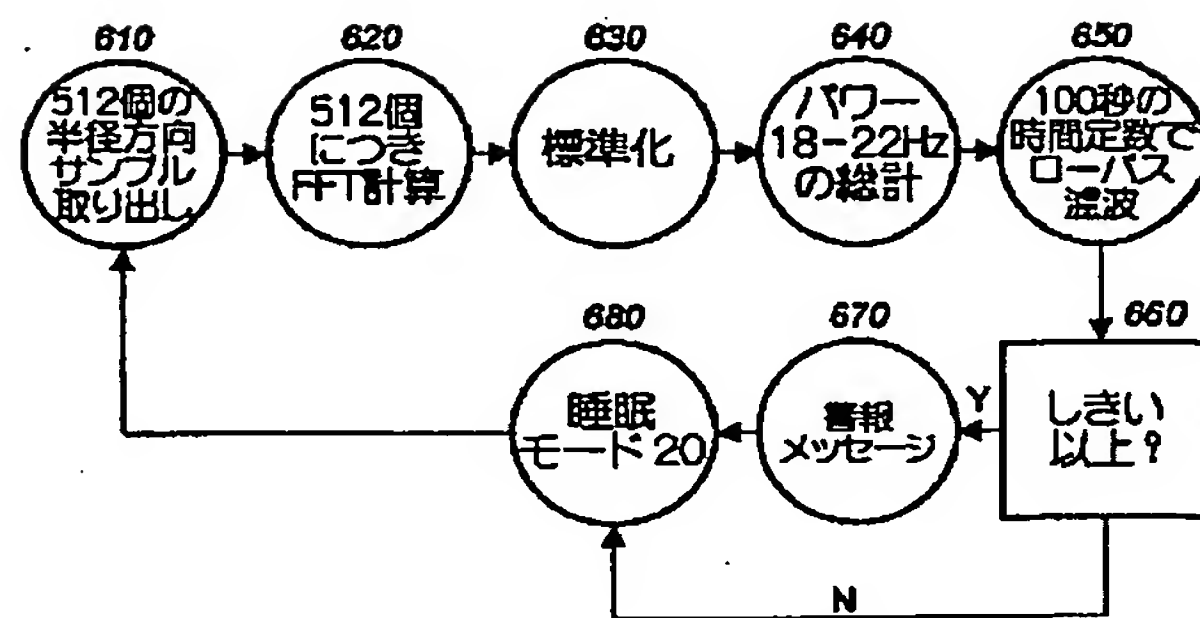
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 ケネス・エル・ブラウン
アメリカ合衆国カリフォルニア州90266,
マンハッタン・ビーチ, ゲイツ・アヴェニ
ュー 1515

(72)発明者 ジョージ・ダブリュー・マカイヴァー
アメリカ合衆国カリフォルニア州90277,
リドンド・ビーチ, ノース・ポーリナ
801

(72)発明者 キラン・アール・マギアワラ
アメリカ合衆国カリフォルニア州90250,
ホーソーン, ウェスト・ハンドレッドサー
ティーセヴン・ストリート 4015, アパー
トメント 107

(72)発明者 ケリー・ディー・チルコット
アメリカ合衆国カリフォルニア州90278,
リドンド・ビーチ, グラント・アヴェニュー
2515, アパートメント 2

【外国語明細書】

1. Title of Invention

TIRE AND SUSPENSION WARNING AND MONITORING SYSTEM

2. Claims

A method for tire and suspension warning and monitoring, for monitoring tire imbalance of a tire attached to a vehicle wheel, the method comprising:

sensing at least one acceleration of the wheel to provide acceleration signals;
collecting a predetermined number of acceleration signal samples;
transforming and normalizing the samples;
computing a rotational frequency of the wheel from the normalized samples;
computing a second harmonic frequency of the rotational frequency of the wheel;
summing frequency components around the second harmonic frequency;
comparing summed frequency components with a previously stored baseline value; and
outputting a signal indicative of the comparison result.

2. The method of claim 1, wherein sensing at least one acceleration of the wheel comprises sensing at least one of radial, axial, and longitudinal acceleration of the wheel.

3. The method of claim 1, wherein transforming the samples comprises performing a Fast Fourier Transform (FFT) of the samples.

4. The method of claim 1, further comprising low pass filtering the computed second harmonic frequency of the wheel prior to comparing the components with the previously stored baseline value.

5. An apparatus for tire and suspension warning and monitoring, for monitoring tire imbalance of a tire attached to a vehicle wheel, the apparatus comprising:

a sensor for sensing at least one acceleration of the wheel and for providing acceleration signals corresponding thereto;

a collector for collecting a predetermined number of acceleration signals samples;

a transformer and normalizer for transforming and normalizing the samples within a first predetermined frequency range;

a first calculator for calculating a rotational frequency of the wheel from the transformed and normalized samples;

a second calculator for calculating a second harmonic frequency of the wheel from the calculated rotational frequency of the wheel;

a comparator for comparing the second harmonic frequency with a previously stored baseline value; and

an output circuit for outputting a signal indicative of the comparison results of the comparator.

6. The apparatus of claim 5, wherein said sensor senses at least one of radial, axial, and longitudinal acceleration of the wheel.

7. The apparatus of claim 5, wherein said transformer performs a Fast Fourier Transform (FFT) of the samples.

8. The apparatus of claim 5, wherein said signal output by said output circuit comprises a signal proportional to a difference between the second harmonic frequency and the previously stored baseline value.

9. A method for tire and suspension warning and monitoring, for monitoring tire tread wear of a tire attached to a vehicle wheel, the method comprising:

sensing at least one acceleration of the wheel to provide acceleration signals;

collecting a predetermined number of acceleration signal samples;

transforming and normalizing the samples within a first predetermined frequency range;

averaging the transformed and normalized samples within a second predetermined frequency range;

comparing the averaged samples with a previously stored baseline value; and

outputting a signal indicative of the comparison result.

10. The method of claim 9, wherein sensing at least one acceleration of the wheel comprises sensing at least one of radial, axial, and longitudinal acceleration of the wheel.

11. The method of claim 9, wherein transforming the samples comprises performing a Fast Fourier Transform (FFT) of the samples.

12. The method of claim 9, further comprising low pass filtering the averaged samples prior to comparing them with the previously stored baseline value.

13. The method of claim 9, wherein outputting a signal indicative of the comparison result comprises outputting a signal proportional to a difference between the averaged samples and the previously stored baseline value.

14. An apparatus for tire and suspension monitoring and warning, for monitoring tire tread wear of a tire attached to a vehicle wheel, the apparatus comprising:

a sensor for sensing at least one acceleration of the wheel and for providing acceleration signals corresponding thereto;

a collector for collecting a predetermined number of acceleration signals samples;

a transformer and normalizer for transforming and normalizing the samples within a first predetermined frequency range;

an averager for averaging the transformed and normalized samples within a second predetermined frequency range;

a comparator for comparing the averaged samples with a previously stored baseline value; and

an output circuit for outputting a signal indicative of the comparison results of the comparator.

15. The apparatus of claim 14, wherein said sensor senses at least one of radial, axial, and longitudinal acceleration of the wheel.

16. The apparatus of claim 14, wherein said transformer performs a Fast Fourier Transform (FFT) of the samples.

17. The apparatus of claim 14, wherein the second predetermined frequency range is a tire tread shell lateral frequency.

18. The apparatus of claim 14, further comprising a low pass filter for low pass filtering the averaged samples prior to inputting them to said comparator.

19. The apparatus of claim 14, wherein said signal output by said output circuit comprises a signal proportional to a difference between the averaged samples and the previously stored baseline value.

20. The apparatus of claim 14, wherein the previously stored baseline value corresponds to an averaged sample value obtained with a new time.

21. A method for tire and suspension warning and monitoring, for monitoring shock absorber performance of a shock absorber attached to a vehicle wheel, the method comprising:

sensing at least one acceleration of the wheel to provide acceleration signals;

collecting a predetermined number of acceleration signal samples;

transforming and normalizing the collected samples within a first predetermined frequency range;

summing the transformed and normalized samples within a second predetermined frequency range;

comparing the summed samples with a previously stored baseline value; and

outputting a signal indicative of the comparison result.

22. The method of claim 21, wherein sensing at least one acceleration of the wheel comprises sensing at least one of radial, axial, and longitudinal acceleration of the wheel.

23. The method of claim 21, wherein transforming the samples comprises performing a Fast Fourier Transform (FFT) of the samples.

24. The method of claim 21, wherein the second predetermined frequency range is a vehicle unsprung mass resonance frequency.

24. The method of claim 21, further comprising low pass filtering the summed samples prior to comparing them with the previously stored baseline value.

26. The method of claim 21, wherein outputting a signal indicative of the comparison result comprises outputting a signal proportional to a difference between the summed samples and the previously stored baseline value.

27. An apparatus for a tire and suspension warning and monitoring, for monitoring performance of a shock absorber attached to a vehicle wheel, the apparatus comprising:

a sensor for sensing at least one acceleration of the wheel and for providing acceleration signals corresponding thereto;

a collector for collecting a predetermined number of acceleration signals samples;

a transformer and normalizer for transforming and normalizing the samples within a first predetermined frequency range;

a summer for summing the transformed and normalized samples within a second predetermined frequency range;

a comparator for comparing the summed samples with a previously stored baseline value; and

an output circuit for outputting a signal indicative of the comparison results of the comparator.

28. The apparatus of claim 27, wherein said sensor senses at least one of radial, axial, and longitudinal acceleration of the wheel.

29. The apparatus of claim 27, wherein said transformer performs a Fast Fourier Transform (FFT) of the samples.

30. The apparatus of claim 27, wherein the second predetermined frequency range is a vehicle unsprung mass resonance frequency.

31. The apparatus of claim 27, further comprising a low pass filter for low pass filtering the summed samples prior to inputting them to said comparator.

32. The apparatus of claim 27, wherein said signal output by said output circuit comprises a signal proportional to a difference between the summed samples and the previously stored baseline value.

3. Detailed Description of Invention

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0001] The present invention is related to co-pending U.S. Patent Application Serial No. 09/454,443, filed in the U.S. Patent and Trademark Office on December 3, 1999.

BACKGROUND OF THE INVENTION

[0002] The present invention relates to a tire and suspension warning and monitoring system that is composed of a set of sensors. These sensors monitor and measure current tire and suspension performance and periodically warn the driver when the tires or the suspension system needs servicing. There is one

sensor for each tire on the vehicle. Each sensor measures the following tire and suspension performance (a) tire imbalance of each tire of a vehicle, (b) tire tread wear of each tire of a vehicle, and (c) shock absorber performance for each tire of a vehicle.

[0003] The handling performance of a motor vehicle, e.g., vehicle steering and braking, as well as fuel consumption, is affected by the condition of the tires and the suspension. Handling performance can be affected by improper tire inflation, abnormal tire tread wear, out of balance conditions, as well as by poorly performing shock absorbers.

[0004] It is estimated that ten percent of tires that would normally wear out at 40,000 miles actually wear out at 30,000 miles due to abnormal tire tread wear. As a result, over the course of vehicle life of 120,000 miles, the vehicle would need an additional set of tires, at an average cost of \$300. Thus, it is desirable to alert the driver of abnormal tire imbalance.

[0005] A tire monitoring system currently available from SmartTire Systems, Inc. uses wireless technology to monitor the air pressure and temperature in vehicle tires using wireless wheel-mounted sensors and a display receiver mounted within sight and reach of the driver. One sensor is mounted on each wheel and the tire mounted over the sensor, each sensor containing a pressure

transducer, a temperature transducer, a centrifugal switch, a radio transmitter and a lithium battery. The display module shows required pressure, actual pressure, pressure status and temperature. While this system provides temperature and pressure information, it does not provide information about tread wear, balance and shock absorber performance.

[0006] In addition, anti-lock braking systems (ABS) and integrated vehicle controllers (IVC) require the input of information indicating the wheel rotational speed for each wheel. Currently, a separate wheel speed sensor is provided for each wheel. It typically consists of a toothed wheel made of a magnetic disk attached co-axially to a corresponding axle rotatably supporting a tire and a pick-up coil arranged adjacent each toothed wheel with an interval therebetween to provide an alternating sensor signal having a frequency indicative of speed of each tire. It would be desirable to eliminate the need for this type of sensor by using a sensor, which also provides additional functions.

[0007] Co-pending U.S. Patent Application Serial No. 09/454,443, discloses a system and method for monitoring vehicle conditions affecting tires including tire tread wear, shock absorber performance, balance condition of the vehicle tire, and rotational speed of a vehicle wheel.

[0008] While the above-noted co-pending application includes many features in common with those of the present invention, it does not include salient features of the present invention including informing a driver of the vehicle when various vehicle components will fail and informing the driver as to how much time until a component failure.

SUMMARY OF THE INVENTION

[0009] The present invention relates to tire and suspension monitoring and warning system for (a) tire imbalance on a tire of a vehicle, (b) tire tread wear on a tire of a vehicle, and (c) shock absorber performance of a vehicle. Here, a change in match-filtered vibration signal from a single or multiple vibration sensors from its baseline value is used to determine the condition of a vehicle parameter of interest.

[0010] According to the present invention, a sensor measures the tire imbalance by sensing at least one acceleration of a tire, such as the radial acceleration of the tire, to provide acceleration signals. The signals are provided to at least one processor which processes the signals. A single processor or multiple processors can be used. The sensor and at least one processor can be mounted on the wheel, e.g., on the rim either inside the tire at the wheel well or near the valve stem or

outside the tire in a protective casing. The at least one processor is responsive to acceleration signals from the sensor and processes these signals and determines the tire imbalance on the basis of a comparison of the processed signals with a previously stored threshold value, and provides an information signal indicative of tire imbalance which is transmitted to a driver information display. The signal can be either an alarm signal or a quantitative indication of tread imbalance.

[0011] According to the present invention, at least one acceleration of the wheel is sensed before computing tire imbalance. A predetermined number of acceleration signal samples are collected and then transformed and normalized. The rotational frequency of the wheel is then computed from the transformed and normalized samples and the second harmonic of the rotational frequency is then computed. All of the frequency components are then summed around the computed second harmonic frequency including a predetermined standard deviation on either side of the computed second harmonic frequency. The results may then be weighted by a power of the fundamental rotational frequency. The result may then also be low pass filtered to eliminate higher order frequencies including spurious noise. The filtered result is then compared with a predetermined threshold value. A signal is then outputted which is indicative of the comparison result.

[0012] According to the present invention, a sensor measures the tire tread wear by sensing at least one acceleration of a tire, such as the axial acceleration of the tire, to provide acceleration signals. The signals are provided to at least one processor which processes the signals. A single processor or multiple processors can be used. The sensor and at least one processor can be mounted on the wheel, e.g., on the rim either inside the tire at the wheel well or near the valve stem or outside the tire in a protective casing. At least one processor is responsive to acceleration signals from the sensor and processes these signals and determines the tire tread wear on the basis of a comparison of the processed signals with a previously stored baseline value, and provides an information signal indicative of tire tread wear which is transmitted to a driver information display. The signal can be either an alarm signal or a quantitative indication of tread wear.

[0013] According to the present invention, at least one acceleration of the wheel is sensed before computing tire tread wear. A predetermined number of acceleration signal samples are collected and then transformed and normalized within a first predetermined frequency range. The transformed and normalized samples are then averaged within a second predetermined frequency range around the lateral resonance frequency of a tire shell, and

the equivalent or average frequency from within in that second range is then compared with a previously stored baseline value for an unworn tire. A signal indicative of shift in equivalent or average frequency in a second predetermined range is then outputted, which is indicative of the comparison result for a worn tire.

[0014] According to one aspect of the invention, a technique for monitoring the shock absorber performance of a shock absorber attached to a vehicle wheel is provided. The technique uses a sensor which senses at least one acceleration of a tire, such as the radial acceleration of the tire, to provide acceleration signals. The signals are provided to at least one processor which processes the signals. A single processor or multiple processors can be used. The sensor and the at least one processor can be mounted on the wheel, e.g., on the rim either inside the tire (at the wheel well or near the valve stem) or outside the tire in a protective casing. The at least one processor is responsive to acceleration signals from the sensor and collects a predetermined number of acceleration samples. The samples are then used by the at least one processor to calculate a Discrete Fourier Transform (DFT) of the acceleration signals, e.g., by taking a Fast Fourier Transform (FFT) of the acceleration signals. All of the measured frequency components in a predetermined frequency range are then

normalized by the at least one processor to the total energy contain in the FFT. A sum of all the frequency components is generated in another predetermined frequency range around the unsprung mass resonance frequency of a vehicle by the at least one processor and then subsequently low pass filtered. The result is then compared to a baseline result of a new shock absorber and the result of this comparison provides information indicative of shock absorber performance. This information indicative of shock absorber performance may then be transmitted to a driver information display.

[0022] Before beginning a detailed description of the subject invention, mention of the following is in order. When appropriate, like reference numerals and characters may be used to designate identical, corresponding, or similar components in differing drawing figures. Furthermore, in the detailed

description to follow, example sizes/models/values/ranges may be given, although the present invention is not limited thereto. As a final note, well-known power connections and other well-known elements have not been shown within the drawing figures for simplicity of illustration and discussion and so as not to obscure the invention.

[0023] Figure 1 is a block diagram of an example system capable of operating in accordance with the present invention. As shown in Figure 1, one or more sensors are provided for sensing conditions at the vehicle wheel, either inside the tire or outside the tire on the wheel rim. At least one accelerometer 2 is provided for measuring an acceleration of the tire or wheel. Another accelerometer 4 may also be provided for measuring another acceleration of the wheel or tire. Radial acceleration is the acceleration of the wheel or tire in a radial direction, i.e., in a direction perpendicular to the axis of rotation of the tire. Axial acceleration is the acceleration of the wheel or tire in an axial direction, i.e., along the axis of rotation of the tire, i.e., a door-to-door acceleration. Longitudinal acceleration is the acceleration in the longitudinal direction perpendicular to the axis about which the tire rotates, i.e., from front to back of the vehicle. Temperature and pressure sensors 6 can also be provided. For example, a temperature transducer and a pressure

transducer can be provided and operated in the same manner as in the tire monitoring system of SmartTire Systems, Inc. A centrifugal switch, not shown, may also be included so that the system is switched on only when the vehicle is in motion and is switched off or switched into a sleep mode when the vehicle stops, thereby extending battery life.

[0024] The accelerometer 2 and accelerometer 4 may be provided as a two-axis accelerometer. Alternatively, a three-axis accelerometer may also be provided such that the longitudinal acceleration is also measured.

[0025] The accelerometer 2 and accelerometer 4 (e.g., in the form of a two-axis accelerometer) and any other sensor provided, e.g., the temperature and pressure sensor 6 and the centrifugal switch, transmit their signals to one or more microprocessors, generally designated by the reference numeral 8. At least some, preferably all of the microprocessors 8 are provided on the wheel rim, either inside or outside the tire, and are preferably combined into a single microprocessor. One or more of the sensors can be combined with the microprocessor in a single, custom application specific integrated sensor.

[0026] As shown in Figure 1, the at least one processor 8 has several functions. One microprocessor 10, or one portion of the processor if a single microprocessor is provided, receives the

output from the accelerometer 2 and, if provided, accelerometer 4, the temperature and pressure sensors 6 and the centrifugal switch, and provides power to the sensors 2, 4 and 6. Another microprocessor 12, or one portion of the processor 8 if a single processor is provided, is an analog to digital converter to convert the analog signals from the sensors 2, 4 and 6 to digital signals.

[0027] Another microprocessor 14, or another portion of the processor 8 if a single processor is used, processes the digitized output of the sensors to determine the tire imbalance, and/or wheel rotational speed, as will be described hereinafter, and makes a decision as to whether or not to transmit an information signal to the driver. If a decision is made by the microprocessor 14 to transmit an information signal to the driver, then microprocessor 16, or one portion of the processor 8 if a single processor is used, transmits the information signal wirelessly from the wheel through radio transmitter 18.

[0028] The wireless signal is received by an antenna 20 of a receiver 22 provided onboard the vehicle. The information signal is processed by microprocessor 24 and sent to body control module or information display 26. The information signal can either be a warning signal, with or without an accompanying audio alert or a quantitative data read out showing the relative tire imbalance. In

the case of wheel rotational speed, the signal is provided to a vehicle controller, such as an anti-lock braking system or integrated vehicle controller.

[0029] The driver information display can be provided either in the dashboard, on the rear view mirror or in an overhead console, as can be appreciated by those skilled in the art.

[0030] Figure 2 is a schematic perspective drawing showing one embodiment of the wheel mounted portion of the system which is capable of being used in accordance with the technique of the present invention. As shown in Figure 2, the sensors 2, 4 and 6, as well as the processor 8 and transmitter 18 are provided on the rim, inside the tire. In particular, they are provided inside a casing 28 which can be adjustably mounted around a valve stem 30 of the tire. While the casing 28 is shown as being provided around the valve stem 30 inside the tire, other locations are possible, as would be understood by one of ordinary skill in the art. For example, the sensors and the at least one microprocessor can be provided anywhere on the rim, as long as the sensors are spaced from the axis of rotation of the wheel and are protected from the elements, e.g., in a casing on the rim, outside the tire. The protective casing 28 shown in Figure 2 can also be provided inside the tire using a band mount for mounting the casing to the rim, without mounting the casing 28 on the valve stem 30.

[0031] In the arrangement shown in Figure 2, the accelerometer 2 and the accelerometer 4 are provided as a two-axis accelerometer 5. The temperature and pressure sensors 6 are also provided in the casing 28. A single, application specific microprocessor 8, having the functions 10, 12, 14 and 16 shown in Figure 1 is provided in the casing 28, as is transmitter 18. A battery 19 for providing power to the microprocessor 8 and sensors 5 and 6 is also provided. The battery is preferably a lithium battery. The casing 28 and the elements provided therein are virtually maintenance-free. In this regard, while some or all of the microprocessors or microprocessor functions 10, 12, and 14 could be provided onboard the vehicle in microprocessor 24 of receiver 22, it is preferred that the microprocessors or functions 10, 12 and 14 be provided on the wheel unit to conserve battery life. The battery life can be conserved by processing the information to determine the tire tread wear with microprocessor or microprocessor portion 14 and transmitting an information signal only if the tire tread wear significantly changes, e.g., deteriorates beyond an acceptable level. By limiting the number of transmissions in this manner, the battery life can be extended. Of course, as would be understood by one skilled in the art, it is possible to continuously or intermittently transmit the signals

from one or more of the sensors 2, 4 and 6 to the receiver 22 and to process the signals with microprocessor 24.

[0032] The present invention is based on applicants' findings that the acceleration of the wheel or tire, such as the radial and/or axial acceleration of the wheel or tire, can be used to provide information regarding tire tread wear, shock absorber performance, balance condition and/or wheel rotation speed. In addition, a radial signal frequency is indicative of wheel rotational speed and can be used to provide wheel rotational speed data to a vehicle controller such as an anti-lock braking system or an integrated vehicle controller.

[0033] More particularly, in order to monitor tire imbalance, the radial acceleration may be measured by the radial accelerometer 2 or the axial acceleration may be measured by the axial accelerometer 4 or both the radial and axial accelerations may be measured by a two-axis or three-axis accelerometer 5. It has been found that measuring the radial acceleration is effective and for exemplary purposes only the radial acceleration will be used. However, it is to be understood the present invention is not limited to only the radial acceleration.

[0034] The measured acceleration signals are then transmitted to the signal processing circuit or microprocessor portion 10 which controls accelerometers 2, 4, or 5 and transmits the signals to

analog to digital converter 12. A predetermined number of digitized samples are collected. It has been found that 512 samples are effective. However, the present invention is not limited to this number of samples.

[0035] The digital signals are then transmitted to microprocessor or microprocessor portion 14 which calculates a Discrete Fourier Transform (DFT) of the acceleration signals by taking a Fast Fourier Transform (FFT) of the acceleration signals, for example. Each component of the FFT is normalized to the total axial energy collected over a first predetermined frequency range. It has been found that a first predetermined frequency range of from 0 to 50 Hz is effective. However, the present invention is not limited to this frequency range.

[0036] The rotational frequency of the collected and normalized result is then used to calculate the rotational frequency of the wheel and the second harmonic of the rotational frequency of the wheel is then calculated.

[0037] Then, all of the frequency components are summed around this second harmonic frequency on either the radial or axial accelerometer including a predetermined number of standard deviations on either side of is the second harmonic frequency. It has also been found that the axial accelerometer signal is effective. It has also been found that two standard deviations are

effective. However, the present invention is not limited to this value.

[0038] Because the tire imbalance can often be easily detected at a higher rotational speed, the output may then either have a speed threshold for 0 weighting, and or be weighted by a power of the fundamental rotational frequency above the threshold and then be low pass filtered to eliminate higher frequency components including spurious noise components.

[0039] The power of the fundamental rotational frequency may then be low pass filtered to eliminate higher frequency components including spurious noise components.

[0040] The ratio of the above two filtered results is then compared with a predetermined threshold value and upon the predetermined threshold value being exceeded, the driver is warned of the tire imbalance, which usually indicates possible tread separation. Note that it is possible to provide indication to the driver as to the amount of tire trend imbalance rather than only providing a warning signal just prior to tire failure.

[0041] In order to monitor wheel rotational speed of a vehicle wheel, the system and method use a sensor 2 which senses at least one acceleration, such as the radial acceleration, of a tire to provide acceleration signals. A transceiver, including, e.g., transmit circuits 16 and a transmitter 18, then transmits a signal

indicative of wheel rotational speed to a receiver of a vehicle controller such as an antilock braking system (ABS) or an integrated vehicle controller (IVC). This system can be used to replace the wheel speed sensors currently being used. If the present invention is incorporated on the vehicle to monitor tire tread wear of a vehicle tire, using the technique of the present invention eliminates the need for the wheel speed sensors currently being used and their associated expense.

[0042] The threshold value indicative of no tire imbalance can be measured or calculated. For example, at an OEM assembly plant, for a new car with new tires, at a given wheel/vehicle speed and nominal tire pressure, for each tire, one can take the FFT of various components of acceleration and establish base line signals (both amplitude and frequency) for determining the tire imbalance. The threshold value can be stored in an onboard memory in a microprocessor. While the vehicle is on the road, the technique of the present invention can periodically monitor these signals and calculate the value at a known wheel/vehicle speed and compare the monitored signals with the predetermined threshold value. Significant deviations in these signals can be used to send an alarm. The radial signal frequency can be used as an indication of wheel rotational speed for ABS and IVC applications.

[0043] In order to determine the alarm thresholds, a series of calibration tests can be conducted on a standard set of tires over the speed, pressure and tread wear ranges of interest to create a look-up table a priori for each platform. As an alternative to measuring and calibrating every wheel in the factory, it may be sufficient for a given platform with known wheel modules to load in the previously existing calibration data for that set. This look-up table can be encoded in a microprocessor with decision software at the OEM locations. Some of this encoding may be made available for after market users.

[0044] To summarize, referring to FIG. 3, in step 310, a predetermined number of samples, 512 radial samples, are taken and then digitized and collected. Then, in step 320, the collected samples are then used to compute a transformation, such as an FFT. In step 330, the computed FFT is then normalized and in step 340, the normalized FFT is then used to calculate the rotational frequency of the wheel. In step 350, a predetermined number of samples, 512 axial samples, are taken and digitized and collected. In step 360, the collected samples are then used to compute an FFT. In step 370, the computed FFT is then normalized. In step 380 both the second harmonic signal generated, in step 340, and the axial signal, in step 370, are summed around this second harmonic signal including a predetermined number of standard deviations on

either side of the second harmonic frequency. In step 390, the summed signal may be low passed filtered to a time constant of 100 sec, for example, to eliminate spurious noise. In step 400, a determination may be made as to whether the filtered output is a predetermined threshold value above a previously stored baseline value. If it has been determined in step 400 that threshold has been exceeded, a warning message is generated in step 410. Alternatively, if it has been determined in step 400 that the threshold has not been exceeded, then the process moves to step 420 to await the next predetermined interval for again taking samples.

[0045] The present invention is based on applicants' findings that the acceleration of the wheel or tire, such as the radial and/or axial acceleration of the wheel or tire, can be used to provide information regarding tire tread wear, shock absorber performance, balance condition and/or wheel rotation speed. In addition, a radial signal frequency is indicative of wheel rotational speed and can be used to provide wheel rotational speed data to a vehicle controller such as an anti-lock braking system or an integrated vehicle controller.

[0046] More particularly, referring back to Fig. 1, in order to monitor tire tread wear, the radial acceleration may be measured by the radial accelerometer 2 or the axial acceleration may be measured by the axial accelerometer 4 or , referring back to Fig.

2, both the radial and axial accelerations may be measured by a two-axis or three-axis accelerometer 5. It has been found that measuring the axial acceleration is effective and for exemplary purposes only the axial acceleration will be used. However, it is to be understood the present invention is not limited to only the axial acceleration.

[0047] The measured acceleration signals are then transmitted to the signal processing circuit or microprocessor portion 10 which controls accelerometers 2, 4, or 5 and transmits the signals to analog to digital converter 12. A predetermined number of digitized samples are collected. It has been found that 512 samples are effective. However, the present invention is not limited to this number of samples.

[0048] The digital signals are then transmitted to microprocessor or microprocessor portion 14 which calculates a Discrete Fourier Transform (DFT) of the acceleration signals by taking a Fast Fourier Transform (FFT) of the acceleration signals, for example. Each component of the FFT is normalized to the total axial energy collected over a first predetermined frequency range. It has been found that a first predetermined frequency range of from 0 to 50 Hz is effective. However, the present invention is not limited to this frequency range.

[0049] The average energy within a second predetermined frequency range is stored in a memory device, such as a register, and assigned a corresponding average frequency. It has been found that a second predetermined frequency range of from 30 to 50 Hz which is around the lateral resonance frequency of a tire shell. The equivalent or average frequency from within this second range is then calculated. A shift in equivalent or average frequency in this second range is indicative of tire wear. However, the present invention is not limited to this frequency range.

[0050] The output may then be low pass filtered to eliminate spurious noise components.

[0051] The summation of frequency components for new tires is stored and referred to as the baseline value. Periodically, a new set of frequency components is generated and the average frequency value compared with the baseline value. The periodic sampling may be performed on the basis of time intervals or mileage intervals, the mileage being easily determined from the wheel rotation measurement since the mileage is proportional to the number of wheel rotations. Upon the frequency value shifting by a predetermined amount above the baseline frequency value, the driver may be warned that tire failure is probable. Note that it is possible to provide indication to the driver as to the amount

of tire trend wear rather than only providing a warning signal just prior to tire failure.

[0052] In order to monitor wheel rotational speed of a vehicle wheel, the system and method use a sensor 2 which senses at least one acceleration, such as the radial acceleration, of a tire to provide acceleration signals. A transceiver, including, e.g., transmit circuits 16 and a transmitter 18, then transmits a signal indicative of wheel rotational speed to a receiver of a vehicle controller such as an antilock braking system (ABS) or an integrated vehicle controller (IVC). This system can be used to replace the wheel speed sensors currently being used. If the present invention is incorporated on the vehicle to monitor tire tread wear of a vehicle tire, using the technique of the present invention eliminates the need for the wheel speed sensors currently being used and their associated expense.

[0053] The stored values indicative of no tire tread wear can be measured or calculated. For example, at an OEM assembly plant, for a new car with new tires, at a given wheel/vehicle speed and nominal tire pressure, for each tire, one can take the FFT of various components of acceleration and establish base line signals (both amplitude and frequency) for determining the tire tread wear. These base line values can be stored in an onboard memory in a microprocessor. While the vehicle is on the road, the technique

of the present invention can periodically monitor these signals and calculate these values at a known wheel/vehicle speed and compare the monitored signals with the base line values. Significant deviations in these signals can be used to send an alarm. The radial signal frequency can be used as an indication of wheel rotational speed for ABS and IVC applications.

[0054] In order to determine the alarm thresholds, a series of calibration tests can be conducted on a standard set of tires over the speed, pressure and tread wear ranges of interest to create a look-up table a priori for each platform. As an alternative to measuring and calibrating every wheel in the factory, it may be sufficient for a given platform with known wheel modules to load in the previously existing calibration data for that set. This look-up table can be encoded in a microprocessor with decision software at the OEM locations. Some of this encoding may be made available for after market users.

[0055] To summarize, referring to Figure 4, in step 510, a predetermined number of samples, such as 512 axial samples are taken and then digitized and collected. Then, in step 520, the collected samples are then used to compute a transformation, such as an FFT. In step 530, the computed FFT is then normalized and in step 540, the normalized FFT is then averaged over a predetermined frequency range, such as 30-50 Hz. In step 550, the

averaged value may be low pass filtered with a time constant of 100 seconds, for example, to eliminate spurious noise. In step 560, a determination may be made as to whether the filtered output is a predetermined threshold value above a previously stored baseline value. If it has been determined in step 560 that threshold has been exceeded, a warning message is generated in step 570 and the process moves to step 580. Alternatively, if it has been determined in step 560 that the threshold has not been exceeded, then the process moves to step 580 to await the next predetermined interval for again taking samples.

[0056] The present invention is based on applicants' findings that the acceleration of the wheel or tire, particularly the radial acceleration of the wheel or tire, can be used to provide information regarding shock absorber performance. Applicants have found that an increase in the radial acceleration signal amplitude in a particular frequency range is indicative of a non-functional or poorly functioning shock absorber. In addition, the radial signal frequency is indicative of wheel rotational speed and can be used to provide wheel rotational speed data to a vehicle controller such as an anti-lock braking system or an integrated vehicle controller. Note that the present invention is not limited to only measuring the radial acceleration of a wheel but rather, the radial, axial, or longitudinal acceleration of the wheel or

any combination thereof may be measured so as to provide information regarding shock absorber performance. The radial acceleration of the wheel will be discussed below merely for exemplary purposes.

[0057] In order to monitor shock absorber performance of a shock absorber attached to a vehicle wheel, the technique in accordance with the present invention uses a sensor 2 which senses, for example, the radial acceleration of a tire to provide acceleration signals. The signals are provided to the microprocessor or microprocessor portion 10 which controls the accelerometer 2 and transmits the signals to analog to digital converter 12. The digital signals are then transmitted to microprocessor or microprocessor portion 14 which first collects a predetermined number of these samples. It is been found that 512 samples are sufficient. It is of course understood that the present invention is not limited to this number of samples. These samples are then used by the microprocessor portion 14 to generate a Discrete Fourier Transform (DFT) of the acceleration signals, e.g., by taking a Fast Fourier Transform (FFT) of the acceleration signals. Note that the present invention is not limited to the use of a DFT or FFT of the acceleration signals but rather, in the present invention, the collected samples are transformed by a spectral transformation of the discrete data from a time domain to a

frequency domain. All of the measured frequency components in a predetermined frequency range, such as 0 to 50 Hz, are then normalized by the microprocessor portion 14 to the total energy contained in the FFT. Note that the predetermined frequency range is dependent upon the specific parameters of the shock absorber, suspension, vehicle wheel, and other components of the vehicle. A predetermined frequency range of 0 to 50 Hz has been found to be effective. However, it is to be understood that the present invention is not limited to this particular frequency range. The microprocessor 14 then calculates a sum of all of the frequency components in another predetermined frequency range, such as 18 to 22 Hz. As above, this particular frequency range is also determined by the characteristics and parameters of the shock absorber, suspension, vehicle wheel, and vehicle parameters. A frequency range of 18 to 22 Hz, which is around the unsprung mass resonance frequency of a vehicle, has been found to be effective. However, as above, it is to be understood that the present invention is not limited to this frequency range. The calculated sum of the frequency components may then be low pass filtered to eliminate spurious noise components. The resultant samples are then compared with a previously stored baseline value and the result of this comparison is indicative of shock absorber performance. Then, this comparison result indicative of shock

absorber performance is transmitted by transmit circuits 16 to transmitter 18. The signal is received by antenna 20 of receiver 22, processed by microprocessor 24 and sent to the driver information display 26 as a visual alarm (with or without an audible alarm) and/or quantitative readout.

[0058] The stored values indicative of a new shock absorber can be measured or calculated. For example, at an OEM assembly plant, for a new car with new tires and new shock absorbers, at a given wheel/vehicle speed and nominal tire pressure, for each tire, one can take the FFT of radial and lateral components of acceleration and establish base line signals for the radial acceleration signal for determining the performance of the shock absorber. At a given nominal tire pressure, the FFT of the tire pressure signal is determined, as are the peak frequency components and amplitudes. These base line numbers can be stored in an onboard memory in a microprocessor. While the vehicle is on the road, the system and method of the present invention can periodically monitor these signals and calculate these numbers at a known wheel/vehicle speed and compare the monitored signals with the base line numbers. Significant deviations in these signals can be used to send an alarm. For example, a radial signal amplitude increase in a predetermined range is indicative of a non-functional shock absorber. The radial signal frequency can also be used as an

indication of wheel rotational speed for ABS and IVC applications. The periodic monitoring of the shock absorber performance may occur at preset time intervals or at preset distance intervals, noting that preset distance intervals can easily be determined since the number of rotations of a wheel is directly proportional to the distance traveled by the vehicle.

[0059] In order to determine the alarm thresholds, a series of calibration tests can be conducted on a standard set of tires over the speed, pressure and wear ranges of interest to create a look-up table a priori for each platform. A threshold of 10 dB has been found to be effective. It is of course understood that the present invention is not limited to this threshold.

[0060] As an alternative to measuring and calibrating every wheel in the factory to set frequencies, it may be sufficient for a given platform with known wheel modules to load in the previously existing calibration data for that set. This look-up table can be encoded in a microprocessor with decision software at the OEM locations. Some of this encoding may be made available for after market users.

[0061] To summarize, referring to Figure 5, in step 610, a predetermined number of radial samples, such as 512 samples are taken and then digitized and then collected. Then, in step 620, the collected samples are then used to compute a transformation,

such as an FFT. In step 630, the computed FFT is then normalized and in step 640 the normalized FFT is then summed over a predetermined frequency range, such as 18-22 Hz, which is around unsprung mass resonance frequency of a vehicle. In step 660, the summed value is low pass filtered with a time constant of 100 seconds, for example, to eliminate spurious noise. In step 670, a determination may be made as to whether the filtered output is a predetermined threshold value above a previously stored baseline value. If it has been determined in step 660 that the threshold has been exceeded, a warning message is generated in step 670 and the process moves to step 680. Alternatively, if it has been determined in step 660 that threshold has not been exceeded, then the process moves to step 680 to await the next predetermined interval for again taking samples.

[0062] This concludes the description of the example embodiments. Although the present invention has been described with reference to a number of illustrative embodiments thereof, it should be understood that numerous other modifications and embodiments can be devised by those skilled in the art that will fall within the spirit and scope of the principles of this invention. More particularly, reasonable variations and modifications are possible in the component parts and/or arrangements of the subject combination arrangement within the scope of the foregoing

disclosure, the drawings, and the appended claims without departing from the spirit of the invention. In addition to variations and modifications in the component parts and/or arrangements, alternative uses will also be apparent to those skilled the art.

4. Brief Description of Drawings

[0017] Figure 1 is a block diagram of an example system capable of operating in accordance with the present invention.

[0018] Figure 2 is a perspective view of an integrated sensor and processor unit that can be used with the technique of the present invention.

[0019] Figure 3 is a flowchart depicting an example of the steps which may be used to perform the technique for monitoring tire imbalance invention with the present invention.

[0020] Figure 4 is a flowchart depicting an example of the steps which may be used to perform the technique for measuring tire tread wear with the present invention.

[0021] Figure 5 is a flowchart depicting an example of the steps which may be used to perform the technique for monitoring shock absorber performance with the present invention.

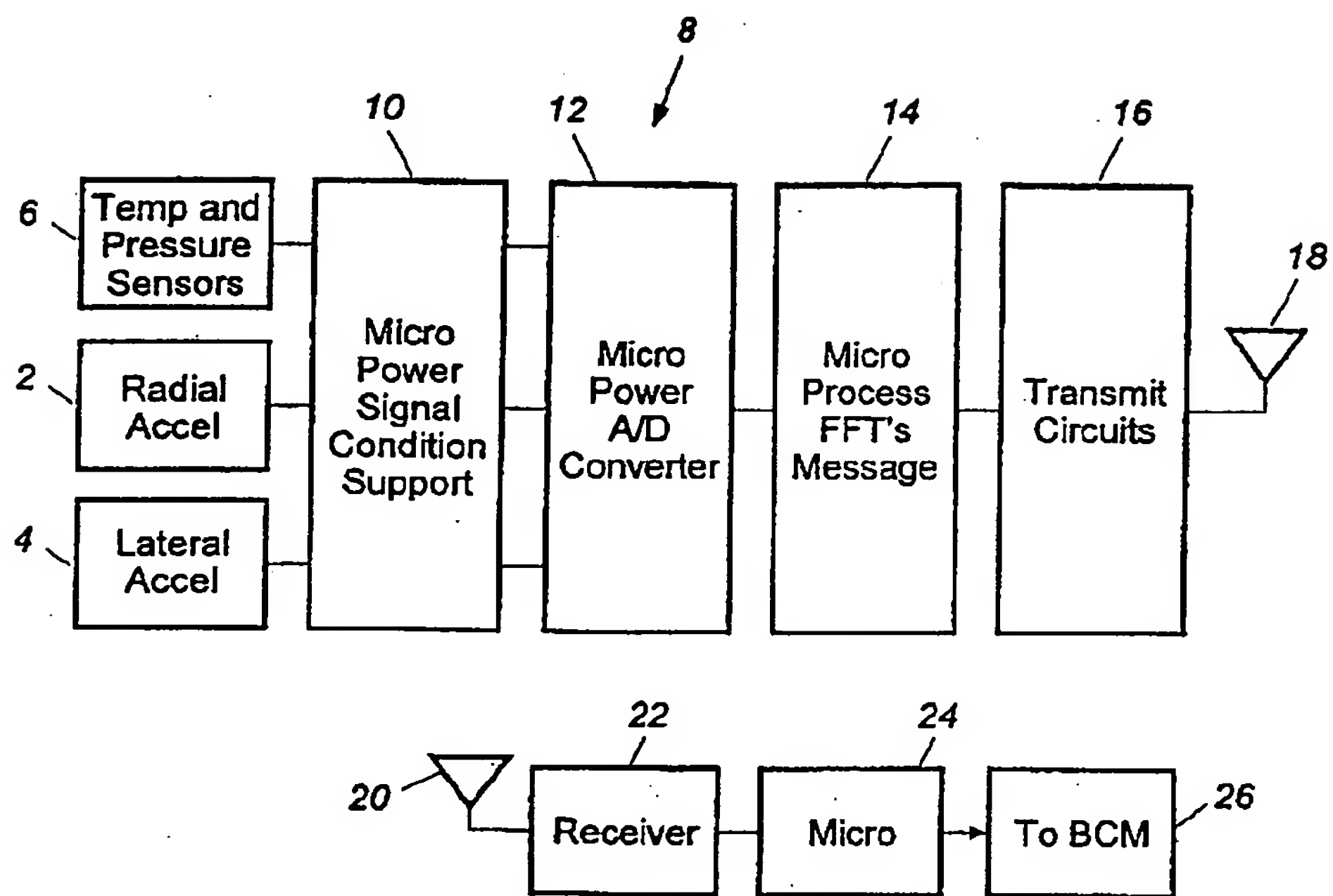


Figure 1

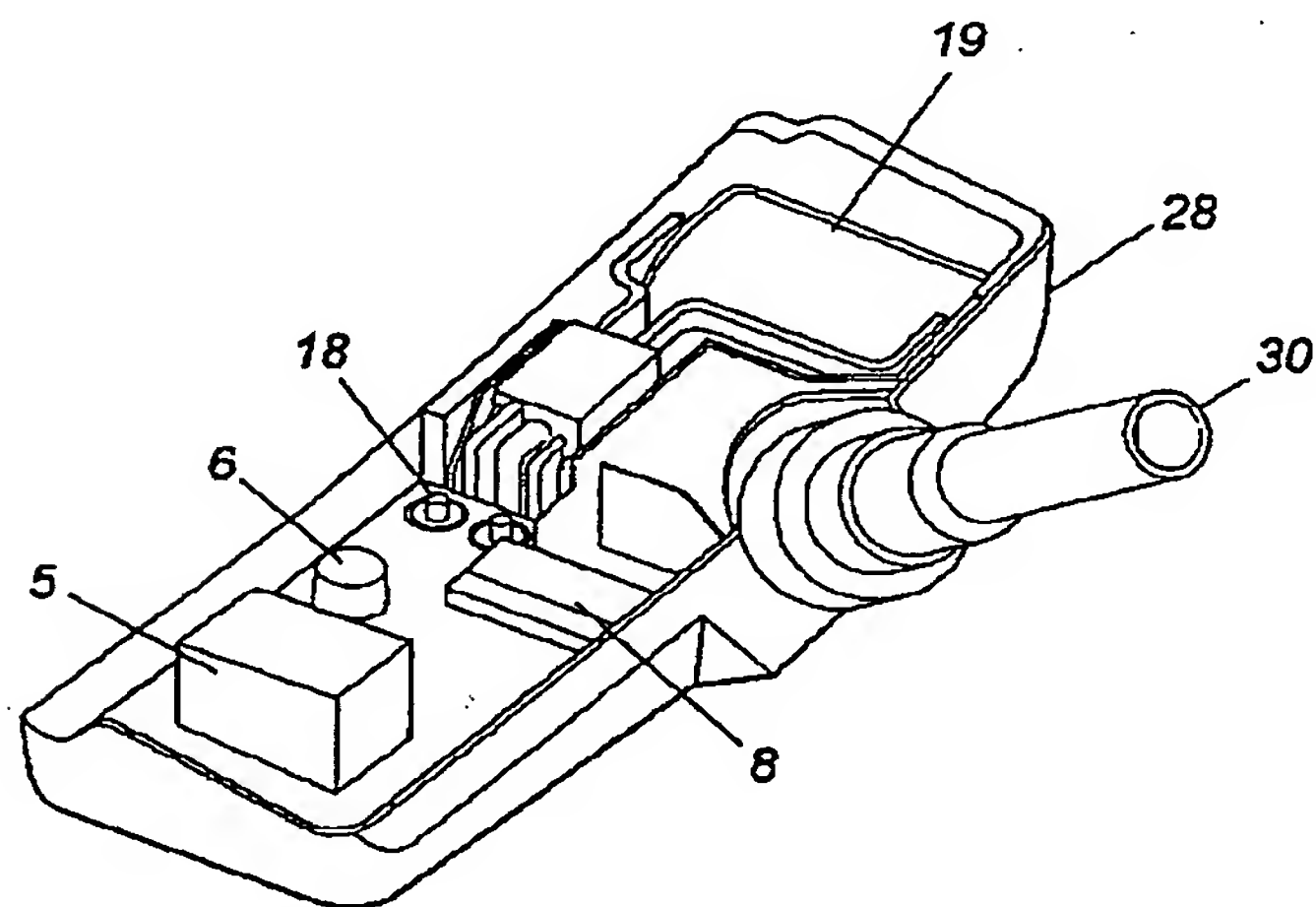


Figure 2

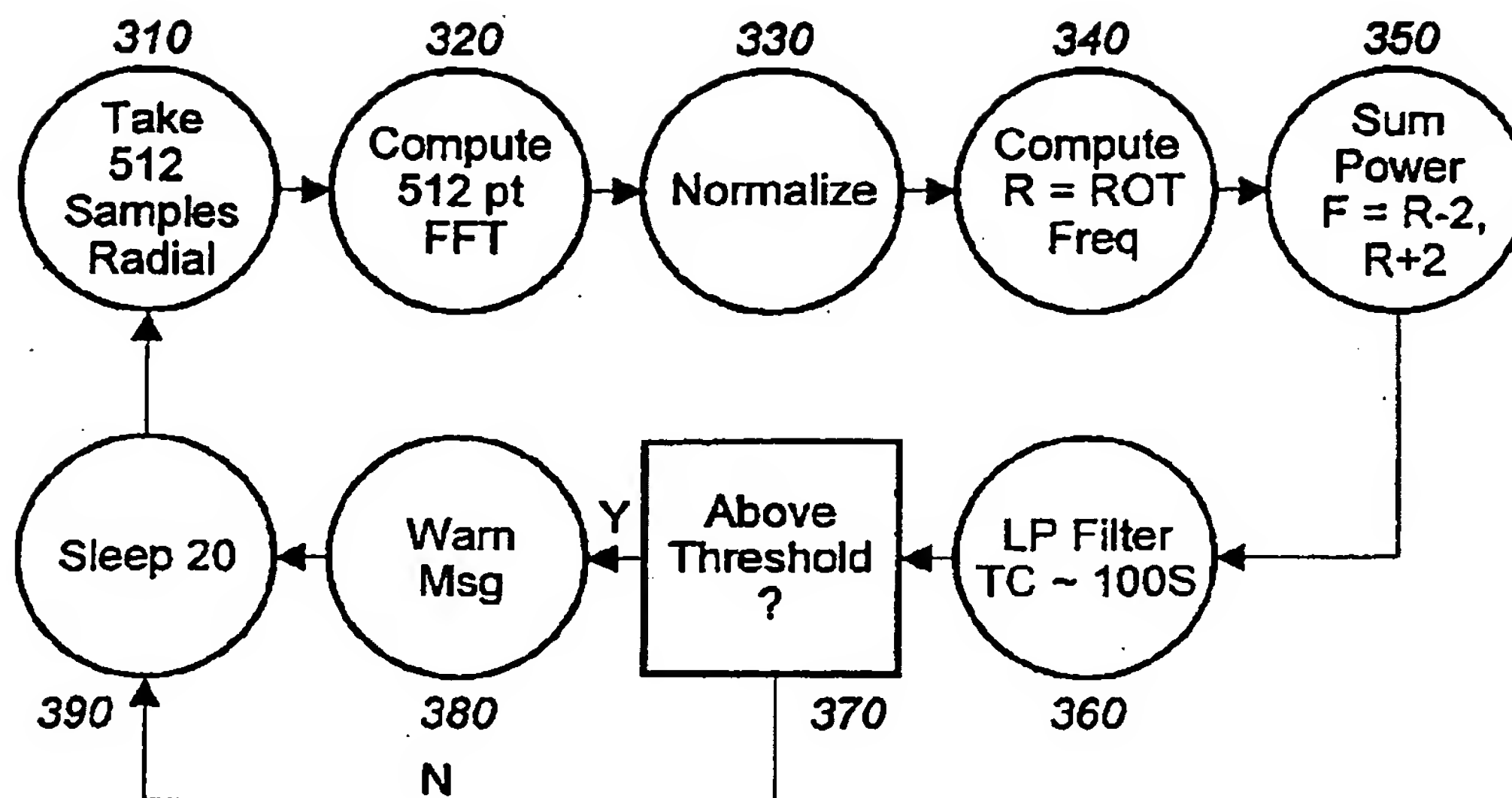


Figure 3

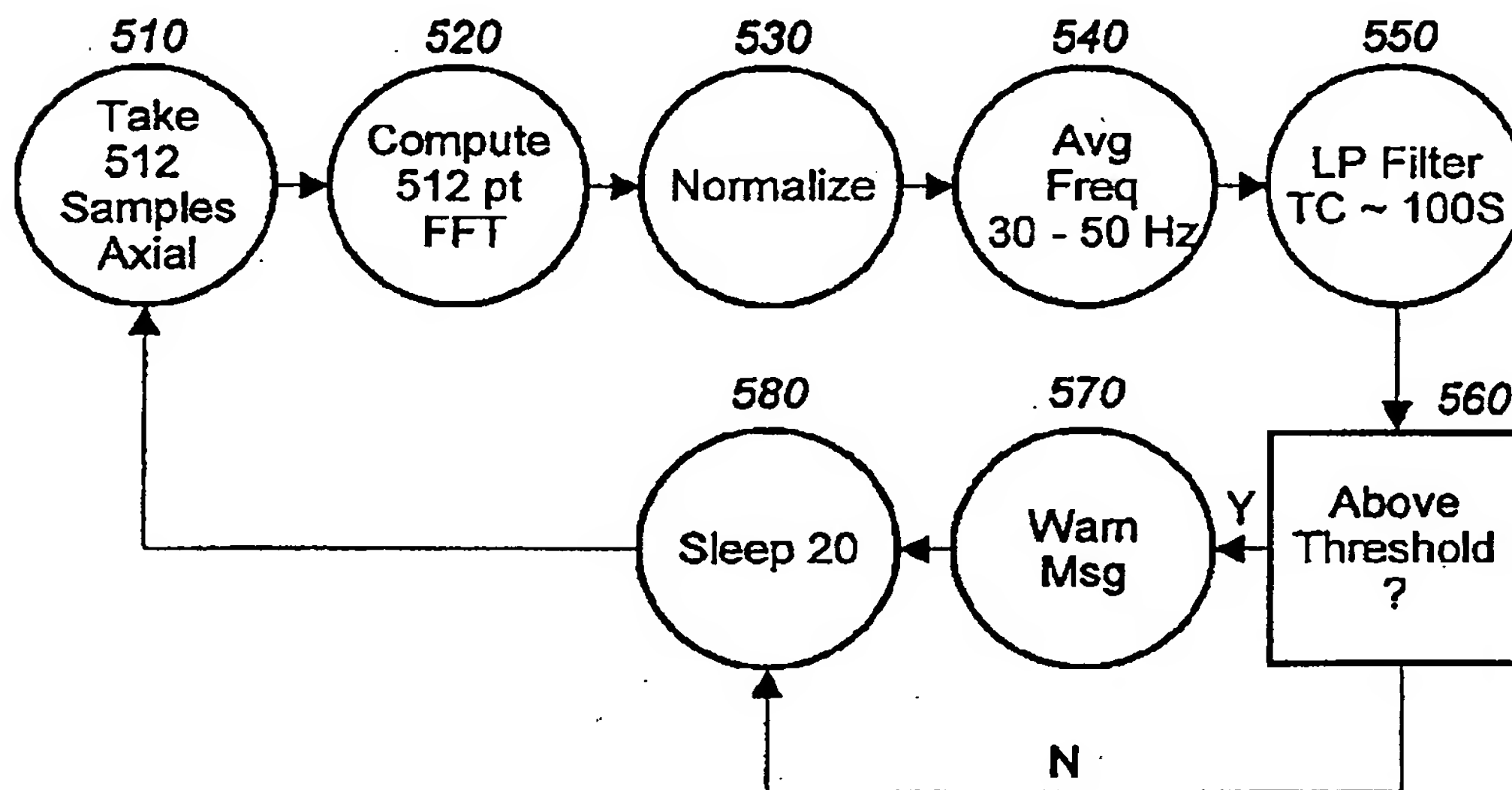


Figure 4

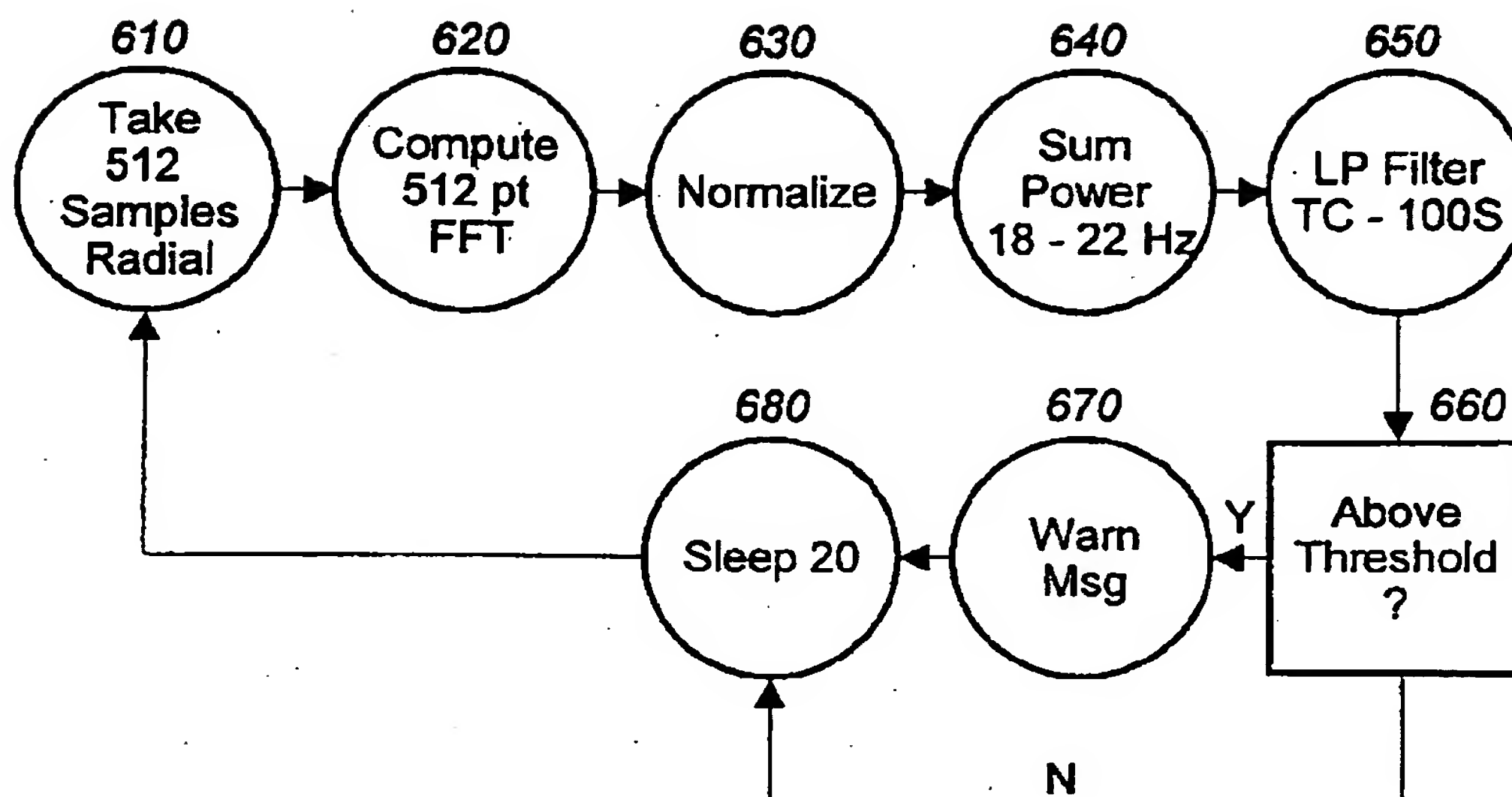


Figure 5

1. Abstract

A tire and suspension monitoring and warning system consisting of a set of multi-function sensors that monitor and warn of a failure mode. The system monitors and warns for tire imbalance, tire tread wear, and shock absorbers for a tire attached to a vehicle. The monitoring and warning system includes one axial, radial, and lateral acceleration measurement of the wheel to provide acceleration signal sample power. For tire imbalance, signal sample power in the second harmonic of the tire rotational frequency is compared to that of the first harmonic. For tire tread wear, average signal sample power within a second frequency range is compared to a previously stored baseline value. For shock absorber performance, a sum of all frequency components in a second predetermined frequency range is compared to a baseline value.

2. Representative Drawing

Fig. 3